

INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

MARIA LUIZA DA SILVEIRA TALAMINI

UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO
FERRAMENTA DE VALIDAÇÃO DA AVALIAÇÃO VISUAL DE
PAVIMENTOS

Curitiba

2022

MARIA LUIZA DA SILVEIRA TALAMINI

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO
FERRAMENTA DE VALIDAÇÃO DA AVALIAÇÃO VISUAL DE
PAVIMENTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Área de Concentração Meio Ambiente e Desenvolvimento, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia.

Orientador: Profa. Dra. Isabella Françoso Rebutini Figueira

Curitiba
2022

TERMO DE APROVAÇÃO

MARIA LUIZA DA SILVEIRA TALAMINI

UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO FERRAMENTA DE VALIDAÇÃO DA AVALIAÇÃO VISUAL DE PAVIMENTOS

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito para obtenção do grau de Mestre, no Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, realização do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), pela seguinte banca examinadora:

Isabella F. R. Figueira

ORIENTADOR (A): Prof.ª Dr.ª Isabella Françoso Rebutini Figueira
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)

Luiz Alkimin de Lacerda

Luiz Alkimin de Lacerda (25 de February de 2022 16:03 GMT-3)

Prof. Dr. Luiz Alkimin de Lacerda
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)

Tania Lucia Graf Miranda

Prof.ª Dr.ª Tania Lucia Graf Miranda
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)

Josiane Palmahima

Prof.ª Dr.ª Josiane Palma Lima
Universidade Federal de Itajuba (UNIFEI)

Curitiba, 25 de fevereiro de 2022.

*Dedico ao meu falecido pai, a minha mãe
e ao meu noivo pelo incondicional apoio
durante todo esse grandioso percurso.*

Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da criação,
seja animal ou vegetal, ninguém precisará
ensiná-lo a amar seus semelhantes.

(Albert Schweitzer)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

A minha professora orientadora Isabella que durante todos os meses me acompanhou pontualmente me dando todo o auxílio necessário para a elaboração dessa dissertação.

A minha família, minha mãe Sonia e meu falecido pai Dionato pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu noivo Jonathan pelo apoio e que sempre esteve ao meu lado nas horas difíceis e felizes de todo esse percurso.

Agradeço também aos meus amigos do DER/PR, que além da amizade proporcionaram todos os ensinamentos, suporte e ajuda para a elaboração dessa dissertação.

RESUMO

O Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná -DER/PR realiza anualmente o levantamento da condição da malha rodoviária pavimentada do estado o qual consiste em um técnico especialista do órgão que percorre cerca de dez mil quilômetros de rodovias atribuindo notas de forma visual a elas numa escala que varia de um a cinco de acordo com o seu nível superficial de trafegabilidade, porém, em anos anteriores, a veracidade destas notas passou a ser questionada por órgãos fiscalizadores do estado. Diante disso, foi realizado um estudo de caso em três rodovias do estado do Paraná que estão localizadas em diferentes regiões geográficas, executando um levantamento de dados com o auxílio de uma câmera digital acoplada a um veículo para a captura de imagens georreferenciadas do pavimento para a visualização das patologias existentes na rodovia. Após este levantamento, foi inserido dentro de um sistema de informação geográfico – SIG todas as imagens levantadas em campo com o objetivo de eximir dúvidas quanto a avaliação realizada em campo pelo avaliador. Com a criação desta ferramenta de auxílio utilizando o SIG foi possível a concepção de um banco de dados e ainda a realização de cálculos de quantificação dos valores necessários para a conservação dos trechos rodoviários em estudo utilizando como base a metodologia SAM já aplicada hoje pelo DER/PR, auxiliando o órgão a otimizar os custos a serem aplicados na conservação da malha rodoviária paranaense e ajudar a estabelecer um controle técnico através de um robusto banco de dados. O objetivo do sistema foi trazer um auxílio ao órgão pois é possível de uma forma mais rápida visualizar os dados atualizados, aumentando a acurácia das informações que passou a ser realizada de forma menos manual, além de estabelecer um controle técnico mais preciso das necessidades e custos para cada trecho rodoviário através do banco de dados que foi criado dentro da plataforma, o qual poderá ser constantemente atualizado.

Palavras-chave: Gestão de Pavimentos; Avaliação de Pavimentos; Sistema de Informação Geográfica (SIG); Georreferenciamento.

ABSTRACT

The Department of Highways of Paraná -DER/PR annually carries out a survey of the condition of the paved road network in the state, which consists of a specialist technician from the agency who travels around ten thousand kilometers of highways, visually assigning grades to them in a scale that varies from one to five according to its superficial level of trafficability, however, in previous years, the veracity of these notes came to be questioned by state inspection agencies. In view of this, a case study was carried out on three highways in the state of Paraná that are located in different geographic regions, performing a data survey with the aid of a digital camera coupled to a vehicle to capture georeferenced images from the pavement to the visualization of existing pathologies on the highway. After this survey, all the images taken in the field were inserted into a geographic information system - GIS with the objective of eliminating doubts about the evaluation carried out in the field by the evaluator. With the creation of this aid tool using the GIS, it was possible to design a database and also to carry out calculations to quantify the values necessary for the conservation of the road sections under study using the SAM methodology already applied today by the DER/ PR, helping the agency to optimize the costs to be applied in the conservation of the Paraná road network and help to establish a technical control through a robust database. The purpose of the system was to help the agency because it is possible to view updated data more quickly, increasing the accuracy of the information that is now performed in a less manual way, in addition to establishing a more precise technical control of needs and costs. for each road section through the database that was created within the platform, which can be constantly updated.

Keywords: Floor Management; Floor Assessment; Geographic Information System (GIS); Georeferencing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: NÍVEL DA CONDIÇÃO DA MALHA PAVIMENTADA NO PARANÁ ENTRE OS ANOS DE 1994 E 2006.....	15
FIGURA 2: FIGURA ESQUEMÁTICA COM AS PRINCIPAIS E MAIORES RODOVIAS BRASILEIRAS.....	22
FIGURA 3: PERCENTUAL DA EXTENSÃO DE RODOVIAS BRASILEIRAS FEDERAIS PAVIMENTADAS POR REGIÃO.....	23
FIGURA 4: AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS RODOVIAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL NO ANO DE 2019.....	23
FIGURA 5: CONCEPÇÃO DE GERÊNCIA RODOVIÁRIA NO DER/PR.....	27
FIGURA 6: CODIFICAÇÃO DOS TRECHOS RODOVIÁRIOS APLICADOS PELO ESTADO DO PARANÁ	30
FIGURA 7: CARACTERÍSTICAS DA PISTA DE UMA RODOVIA.....	31
FIGURA 8: DESCRIÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO SEGUNDO A METODOLOGIA SAM.....	33
FIGURA 9: EXEMPLO DE TRINCAMENTO EM PAVIMENTOS. A) TRINCAMENTO LONGITUDINAL E B) TRINCAMENTO TRANSVERSAL	35
FIGURA 10: EXEMPLO DE TRINCAMENTO TIPO JACARÉ EM PAVIMENTOS	36
FIGURA 11: EXEMPLO DE TRINCAS INTERLIGADAS EM PAVIMENTOS	36
FIGURA 12: EXEMPLO DE DESGASTE NO PAVIMENTO.....	36
FIGURA 13: EXEMPLO DE PANELA/BURACO EM UM PAVIMENTO	37
FIGURA 14: EXEMPLO DE REMENDO EM UM PAVIMENTO	37
FIGURA 15: EXEMPLO DE AFUNDAMENTOS EM UMA RODOVIA.....	38
FIGURA 16: EXEMPLO DE TRILHA DE RODA EM PAVIMENTOS.....	38
FIGURA 17: EXEMPLO DE CORRUGAÇÃO EM PAVIMENTO	38
FIGURA 18: EXEMPLO DE EXSUDAÇÃO NO PAVIMENTO.....	39
FIGURA 19: EXEMPLO DE ESCORREGAMENTO EM UM PAVIMENTO.....	39
FIGURA 20: NÍVEIS DE SERVENTIA DE UM PAVIMENTO SEGUNDO O DNIT	40
FIGURA 21: IMAGEAMENTO DE ROTINA NO REINO UNIDO. A) SISTEMA YOTTA TEMPESTS PARA IMAGEAMENTO RODOVIÁRIO E B) SISTEMA WDM RAVS PARA IMAGEAMENTO RODOVIÁRIO.....	43
FIGURA 22: IMAGEM LEVANTADA COM O USO DO VANT	45

FIGURA 23: EXEMPLOS DO RESULTADO DA DETECÇÃO DE PATOLOGIAS COM O USO DE REDES NEURAIS.....	46
FIGURA 24: DIVISÃO DOS LOTES PARA LEVANTAMENTO DAS RODOVIAS FEDERAIS	47
FIGURA 25: MAPA REPRESENTATIVO DOS LOTES DO SUBPROGRAMA COP 49	
FIGURA 26: MAPA REPRESENTATIVO DOS LOTES DO SUBPROGRAMA CREMEP	50
FIGURA 27: ELEMENTOS DE REPRESENTAÇÃO VETORIAL	52
FIGURA 28: REPRESENTAÇÃO DE DADOS MATRICIAIS, ONDE A SEGUNDA IMAGEM POSSUI UMA MAIOR RESOLUÇÃO QUANDO COMPARADA COM A PRIMEIRA.....	53
FIGURA 29: SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES DE MANUTENÇÃO DE RODOVIAS.....	57
FIGURA 30: SIG DESENVOLVIDO PELA LABTRANS PARA AUXÍLIO NO PROCESSAMENTO DE DADOS DO LEVANTAMENTO DA CONDIÇÃO DOS PAVIMENTOS REALIZADO PELO DNIT.....	59
FIGURA 31: SISTEMA SIG “MULTISENSOR MANAGER” UTILIZADO PARA VISUALIZAÇÃO E AUXÍLIO PARA A TOMADA DE DECISÃO DOS LEVANTAMENTOS DAS RODOVIAS	60
FIGURA 32: MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA O LEVANTAMENTO DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS	62
FIGURA 33: EXEMPLO DAS NOTAS DA AVALIAÇÃO REALIZADAS A CADA QUILOMETRO	63
FIGURA 34: FLUXOGRAMA DO MÉTODO PARA REALIZAÇÃO DO TRABALHO.	65
FIGURA 35: MAPA DE SOLOS DO ESTADO DO PARANÁ	66
FIGURA 36: MAPA RESUMIDO DO VOLUME MÉDIO DE TRÁFEGO DIÁRIO DO ESTADO DO PARANÁ	67
FIGURA 37: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PRIMEIRO TRECHO EM ESTUDO- RODOVIA PRC-280.....	68
FIGURA 38: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO SEGUNDO TRECHO EM ESTUDO - RODOVIA PR-323.....	70
FIGURA 39: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO TERCEIRO TRECHO EM ESTUDO - RODOVIA PR-092.....	71
FIGURA 40: DADOS INICIAIS INSERIDOS DENTRO DO SIG.....	73

FIGURA 41: SIMBOLOGIA ADOTADA PARA REPRESENTAÇÃO DAS DIFERENTES CLASSES DE RODOVIAS.....	73
FIGURA 42: CÂMERA GOPRO ADAPTADA AO VEÍCULO COM AUXÍLIO DA VENTOSA.....	74
FIGURA 43: TESTES INICIAIS PARA A DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO IDEAL DE ADPTAÇÃO DA CÂMERA.....	75
FIGURA 44: PROCESSO DE VINCULAÇÃO ENTRE A CÂMERA E O TABLET.....	76
FIGURA 45: BATERIAS EXTRAS E CARREGADOR UTILIZADO PARA O LEVANTAMENTO.....	76
FIGURA 46: GPS DE NAVEGAÇÃO PARA A CAPTURA DE COORDENADAS AUXILIARES.....	77
FIGURA 47: PRIMEIRO TESTE REALIZADO PARA DETERMINAÇÃO DE HORÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO COM AS IMAGENS. A) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 8H32MIN; B) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 12H35MIN; C) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 14H14MIN E D) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 17H31MIN.	78
FIGURA 48: SEGUNDO TESTE REALIZADO PARA DETERMINAÇÃO DE HORÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO COM AS IMAGENS. A) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 8H26MIN; B) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 12H15MIN; C) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 14H41MIN E D) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 17H42MIN.	79
FIGURA 49: TERCEIRO TESTE REALIZADO PARA DETERMINAÇÃO DE HORÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO COM AS IMAGENS. A) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA COM CHUVA; B) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA COM CHUVA; C) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA APÓS A CHUVA E D) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA APÓS A CHUVA.....	80
FIGURA 50: TESTE INICIAL DO TAMANHO MÍNIMO DE RESOLUÇÃO DA IMAGEM MANTENDO UMA BOA VIZBIILIDADE DO PAVIMENTO. A) IMAGEM CAPTURADA COM CÂMERA GOPRO E B) IMAGEM COM A QUALIDADE REDUZIDA.	81
FIGURA 51: RESUMO DA PESQUISA REALIZADA PARA A DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA IMAGEM A SER CAPTURADA EM CAMPO.....	82
FIGURA 52: RESUMO DO FORMULÁRIO DE DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA IMAGEM A SER CAPTURADA EM CAMPO.....	82

FIGURA 53: CAPTURA DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS DOS TRECHOS EM ESTUDO	84
FIGURA 54: FICHA DE CADASTRO UTILIZADA PARA ANOTAÇÃO EM CAMPO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO POR TRECHO RODOVIÁRIO	85
FIGURA 55: IMPORTAÇÃO DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS CAPTURADAS EM CAMPO PARA DENTRO DO SOFTWARE QGIS	86
FIGURA 56: VISUALIZAÇÃO DAS COORDENADAS AUXILIARES CAPTURADAS COM O GPS DE NAVEGAÇÃO	87
FIGURA 57: LOCAL DE REALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DAS IMAGENS SEM COORDENADAS	88
FIGURA 58: EQUIDISTÂNCIA ENTRE AS IMAGENS LEVANTADAS	89
FIGURA 59: EXEMPLO DE DEFEITO ENCONTRATO NO PAVIMENTO DA RODOVIA PRC-280 COM POUCO DETALHE	90
FIGURA 60: EXEMPLO DE DEFEITO ENCONTRATO NO PAVIMENTO DA RODOVIA PRC-280 COM UMA MELHOR VISIBILIDADE.....	90
FIGURA 61: VALIDAÇÃO DA NOTA ATRIBUÍDA EM CAMPO COM AS IMAGENS GEORREFERENCIADAS EM ESCRITÓRIO.....	90
FIGURA 62: COMPROVAÇÃO E VALIDAÇÃO DA NOTA ATRIBUÍDA EM CAMPO	92
FIGURA 63: EXEMPLO DE COMO É A REALIZAÇÃO DA DIVISÃO DOS TRECHOS DE UM EM UM QUILÔMETRO	93
FIGURA 64: SIMBOLOGIA ADOTADA DE ACORDO COM A NOTA ATRIBUÍDA PARA O PAVIMENTO.....	93
FIGURA 65: NOTAS VALIDADAS PARA O PRIMEIRO TRECHO DENOMINADA RODOVIA PRC-280	94
FIGURA 66: NOTAS VALIDADAS PARA O SEGUNDO TRECHO DENOMINADA RODOVIA PR-323.....	94
FIGURA 67: NOTAS VALIDADAS PARA O TERCEIRO TRECHO DENOMINADA RODOVIA PR-092.....	95
FIGURA 68: INSERÇÃO DE DADOS INICIAIS DE CADA TRECHO NO SIG	96
FIGURA 69: INSERÇÃO DOS PARÂMETROS DE NÍVEL DE ESFORÇO DENTRO DO SIG.....	97
FIGURA 70: CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE NÍVEL DE ESFORÇO APLICADOS EM CADA TRECHO	99

FIGURA 71: CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE NÍVEL DE ESFORÇO DE CADA TRECHO DENTRO DO PYTHON.....	99
FIGURA 72: CÁLCULO DA QUANTIDADE DE SERVIÇO NECESSÁRIO PARA OS 2 ANOS DE CONSERVAÇÃO	100
FIGURA 73: QUANTIDADES DE SERVIÇOS POR TIPO DE BASE E CAPA DE ROLAMENTO.....	100
FIGURA 74: QUANTIDADE TOTAL DE SERVIÇOS PARA OS DOIS ANOS DE CONSERVAÇÃO	102
FIGURA 75: QUANTIDADE TOTAL DE SERVIÇOS PARA OS DOIS ANOS DE CONSERVAÇÃO DENTRO DO PYTHON	103
FIGURA 76: VALOR DE CONSERVAÇÃO FINAL DENTRO DO PYTHON.....	104
FIGURA 77: TRECHOS DO ATUAL PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO - COP INSERIDOS NO SIG PARA CONFERÊNCIA DE VALORES.....	104
FIGURA 78: VALIDAÇÃO DE CADA QUANTIDADE E VALOR PROGRAMADO ..	105
FIGURA 79: VISUALIZAÇÃO FINAL TOTAL DO SISTEMA SIG AO ABRIR O ARQUIVO.....	107
FIGURA 80: VIZUALIZAÇÃO DE UM TRECHO COM UM NIVEL DE DETALHANENTO MAIOR.....	107
FIGURA 81: EXEMPLO DE VISUALIZAÇÃO DA IMAGEM CAPTURADA NA RODOVIA PRC-280	108
FIGURA 82: EXEMPLO DE VISUALIZAÇÃO DA IMAGEM CAPTURADA NA RODOVIA PR-323.....	109
FIGURA 83: EXEMPLO DE VISUALIZAÇÃO DA IMAGEM CAPTURADA NA RODOVIA PR-092.....	110
FIGURA 84: LOCALIZAÇÃO DOS TRECHOS DA RODOVIA PRC-280 PARA OS VALORES CALCULADOS	111
FIGURA 85: LOCALIZAÇÃO DOS TRECHOS DA RODOVIA PR-323 PARA OS VALORES CALCULADOS	112
FIGURA 86:LOCALIZAÇÃO DOS TRECHOS DA RODOVIA PR-092 PARA OS VALORES CALCULADOS	114
FIGURA 87: VISUALIZAÇÃO DO VALOR CALCULADO DE CONSERVAÇÃO.....	115
FIGURA 88: TABELA COMPLETA DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA OS SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO PÓS PROCESSAMENTO NO QGIS	116

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: VALIDAÇÃO E/OU CORREÇÃO DAS NOTAS ABTIDAS EM CAMPO	.87
TABELA 2: TOTAL DE NOTAS E DISCREPÂNCIAS INIICIAIS VERIFICADAS EM CADA TRECHO	91
TABELA 3: VALORES DE CONSERVAÇÃO DE CADA TRECHO DA RODOVIA PRC-280	111
TABELA 4: VALORES DE CONSERVAÇÃO DE CADA TRECHO DA RODOVIA PR-323	112
TABELA 5: VALORES DE CONSERVAÇÃO DE CADA TRECHO DA RODOVIA PR-092	113
TABELA 6: PERCENTUAL DA DIFERENÇA ENTRE VALORES DE CONSERVAÇÃO	118

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS CÓDIGOS DOS SUBTRECHOS DA RODOVIA PRC-280 SEGUNDO O SRE DO ESTADO DO PARANÁ.....	68
QUADRO 2: DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS CÓDIGOS DOS SUBTRECHOS DA RODOVIA PR-323 SEGUNDO O SRE DO ESTADO DO PARANÁ	69
QUADRO 3: DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS CÓDIGOS DOS SUBTRECHOS DA RODOVIA PR-092 SEGUNDO O SRE DO ESTADO DO PARANÁ	70
QUADRO 4: CONFIGURAÇÃO MÍNIMA NECESSÁRIA PARA O COMPUTADOR PARA A POSSÍVEL A MANIPULAÇÃO DO QGIS.....	72
QUADRO 5: QUANTIDADE DE CAMADAS INSERIDAS NO QGIS POR TIPO DE GEOMETRIA.....	106

LISTA DE SIGLAS

BNDES –	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BID –	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BG –	Base granular
CBUQ –	Concreto Betuminoso usinado a quente
CNT –	Confederação Nacional de Transporte
COP –	Conservação de Pavimentos
CREMEP –	Conservação e recuperação descontínua com melhoria do estado do pavimento
DER/PR –	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado da Paraná
DNER –	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT –	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GPS –	Global Positioning System [Sistema de Posicionamento Global]
LVC –	Levantamento Visual Contínuo
PATO –	Planos anuais de trabalho e orçamento
PERC –	Programa estadual de recuperação e conservação de estradas pavimentadas do estado do Paraná
PMF –	Pré misturados a frio
PMQ –	Pré misturados a quente
PR –	Paraná
SAM –	Sistema de Administração da Manutenção Rodoviária
SC –	Solo Cimento
SIG –	Sistema de Informação Geográfica
SGP –	Sistema de Gerência de Pavimentos
SRE –	Sistema Rodoviário Estadual
TSD –	Tratamento superficial duplo
TSS –	Tratamento superficial simples
TST –	Tratamento superficial triplo
VSA –	Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	17
1.2	JUSTIFICATIVA	17
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	PANORAMA DAS RODOVIAS BRASILEIRAS	21
2.2	PANORAMA DAS RODOVIAS PARANAENSES.....	24
2.3	SISTEMA GERENCIAL PARA A CONSERVAÇÃO RODOVIARIA	25
2.4	METODOLOGIA SAM UTILIZADA PARA A CONSERVAÇÃO DE UM PAVIMENTO.....	28
2.4.1	Etapas da metodologia SAM.....	29
2.4.1.1	Realização de um Cadastro Rodoviário	29
2.4.1.2	Cadastro do tipo de revestimento do pavimento	30
2.4.1.3	Cadastro da largura da pista de rolamento e acostamento	31
2.4.1.4	Cadastro do tipo de base do pavimento	32
2.4.1.5	Cadastro do volume de tráfego rodoviário.....	32
2.4.1.6	Cadastro da condição da malha pavimentada (valor da serventia atual de um pavimento)	32
2.4.1.7	Nível de Esforço a ser aplicado para a conservação de um pavimento segundo a metodologia SAM	33
2.4.1.8	Atividades de Conservação de pavimentos (SAM)	34
2.4.1.9	Normas e Padrões de Desempenho das atividades de conservação	34
2.4.1.10	Realização do orçamento do Programa Anual	34
2.5	AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS	35
2.5.1	Defeitos superficiais mais encontrados nos pavimentos	35
2.6	METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE DEFEITOS DOS PAVIMENTOS ...	39
2.6.1	Avaliação direta – in loco.....	41

2.6.2	Avaliação indireta – levantamento por vídeo registros	42
2.6.3	Avaliação visual de pavimentos com o uso de outras ferramentas	44
2.7	PANORAMA DOS LEVANTAMENTOS RODOVIÁRIOS BRASILEIROS	46
2.8	PROGRAMA ESTADUAL DE RECUPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS PAVIMENTADAS DO ESTADO DO PARANÁ – PERC	48
2.8.1	Subprograma de Conservação de Pavimentos (COP)	48
2.8.2	Subprograma de conservação e recuperação descontínua com melhoria do estado do pavimento (CREMEP).....	49
2.9	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – SIG	50
2.9.1	Representação de dados em um Sistema de Informação Geográfica	51
2.9.2	Elementos de um Sistema de Informação Geográfica	53
2.9.3	Modelagem, estrutura e implantação dos dados geográficos	54
2.9.4	Aplicações de um sistema SIG na conservação rodoviária.....	54
2.9.5	Aplicações de um sistema SIG na conservação rodoviária Brasileira	58
3	MATERIAIS E MÉTODO	61
3.1	MATERIAIS	61
3.2	MÉTODO	62
4	ESTUDO DE CASO	66
4.1	TRECHOS ESCOLHIDOS PARA O LEVANTAMENTO.....	66
4.1.1	Descrição do primeiro trecho de levantamento – rodovia PRC-280...	67
4.1.2	Descrição do segundo trecho de levantamento – rodovia PR-323.....	69
4.1.3	Descrição do terceiro trecho de levantamento – rodovia PR-092	70
4.2	DADOS INICIAIS INSERIDOS DENTRO DO SIG PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO.....	72
4.3	CAPTURA DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS	74
4.3.1	Configuração e adaptação dos equipamentos necessários para o levantamento.....	74
4.3.2	Definição de horários e condições climáticas para realização do levantamento em campo.....	77

4.3.3	Definição da qualidade da imagem para o levantamento de campo ..	80
4.3.4	Início do levantamento em campo.....	83
4.4	AVALIAÇÃO VISUAL DA MALHA EM CAMPO	84
4.5	PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DENTRO DO SIG	85
4.6	VALIDAÇÃO DOS DADOS – VERIFICAÇÃO AS NOTAS ATRIBUÍDAS EM CAMPO COM O AUXÍLIO DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS EM ESCRITÓRIO	91
4.7	INSERÇÃO DAS NOTAS VALIDADAS DAS RODOVIAS DENTRO DO SIG	92
4.8	CÁLCULO DO CUSTO DE CONSERVAÇÃO PARA CADA TRECHO RODOVIÁRIO.....	95
4.8.1	Inserção dos dados iniciais no SIG	96
4.8.2	Processamento de dados.....	97
4.8.2.1	Processamento de dados - Condição do pavimento	98
4.8.2.2	Aplicação dos Níveis de Esforço em cada trecho rodoviário.....	98
4.8.3	Quantidade de serviço calculado para o ano 1 e 2 de conservação ..	99
4.8.4	Quantidades de serviços por tipo de base e capa de rolamento	100
4.8.5	Quantidade de serviço total para os dois anos.....	102
4.8.6	Valor de conservação calculado para cada trecho.....	103
4.9	VALIDAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS DO CUSTO DE CONSERVAÇÃO	104
5	RESULTADOS.....	106
5.1	VISUALIZAÇÃO DAS IMAGENS E DAS NOTAS DAS RODOVIAS NO SISTEMA SIG.....	106
5.2	VALOR DA CONSERVAÇÃO PARA CADA TRECHO.....	110
5.2.1	Visualização dos dados.....	114
6	CONCLUSÕES	117
6.1	Sugestões de trabalhos futuros.....	119
	REFERÊNCIAS	120

1 INTRODUÇÃO

O transporte terrestre é o mais antigo no mundo e pode-se dizer que é tão antigo quanto a humanidade. A técnica conhecida como “arte de pavimentar” constituía em “endurecer” os caminhos de terra com pedras, artifício adotado pelos romanos em 900 antes de Cristo (PREGO, 2001).

Um das primeiras comunicações terrestres no Império do Brasil durante o Primeiro Império¹ que merece destaque foi construída pelo Barão de Mauá a partir do ano de 1843. A construção é a chamada Estrada da Serra da Estrela que liga o norte fluminense à cidade de Petrópolis. No estado de Santa Catarina durante o segundo Império² também merece ênfase a estrada da Dona Francisca que foi erguida por alemães daquela região. A Estrada da Graciosa no Paraná e o Caminho do Mar em São Paulo também foram caminhos construídos durante o Segundo Império brasileiro (PREGO, 2001).

Depois da concepção do Fundo Rodoviário Nacional criado pelo Decreto-Lei nº 8.463 de 29 de dezembro de 1945, as rodovias passaram a receber impulsos de forças impulsoras tais como da Petrobras criada em 1953, da indústria automobilística implantada em 20 de junho de 1956, do desenvolvimento e da emancipação econômica que ocorreram desde o final da década de 50 (PEIXOTO, 1977).

O auge do sistema rodoviário brasileiro começou na década de 50. A deficiência de um modal rodoviário vinha se acelerando ano a ano até chegar a ser um dos principais obstáculos para o desenvolvimento econômico e social do País.

Diante desta evolução houve também a necessidade da qualificação e aperfeiçoamento dos mais diversos setores de atuações e em especial os responsáveis pela atuação direta na malha rodoviária. No Paraná, o DER/PR é o órgão responsável por executar e controlar todos os serviços técnicos relacionados a estudos, projetos, obras, conservação, operação e administração das estradas.

O DER/PR é responsável pela conservação de cerca de dez mil quilômetros de rodovias pavimentadas do estado e, diante disso, promove anualmente o

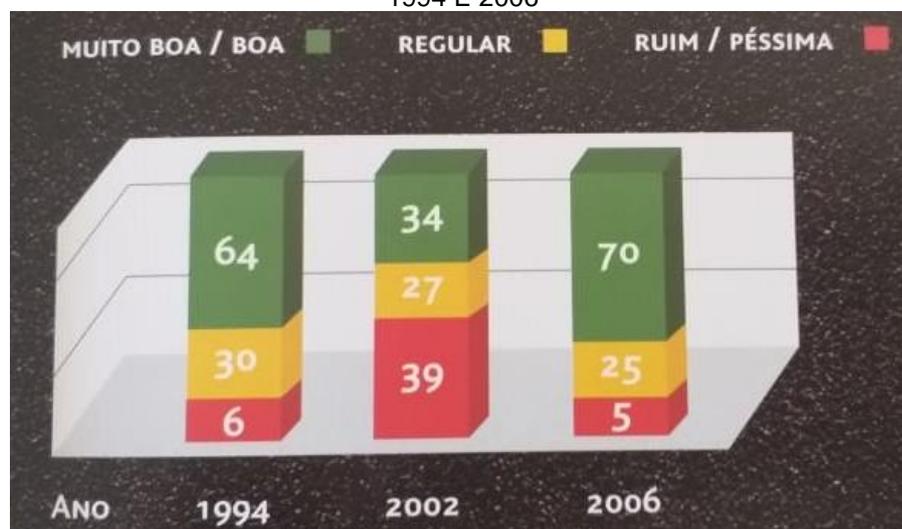
¹ Período da história brasileira em que Pedro I governou o Brasil como Imperador compreendido entre os anos de 1822 até 1831 (MUNDO EDUCAÇÃO, 2020).

² “O Segundo Reinado é o período da história brasileira em que o país foi governado por D. Pedro II. Esse período estendeu-se de 1840, quando D. Pedro II foi coroado imperador após o Golpe da Maioridade, e encerrou-se em 1889, quando a Proclamação da República colocou fim na monarquia do Brasil” (BRASIL ESCOLA, 2020).

levantamento da condição do pavimento que, por meio dos resultados obtidos, aplica uma metodologia de cálculo o qual resulta na quantificação dos custos necessários para a manutenção delas (DER, 2020).

A FIGURA 1 apresenta um gráfico comparativo da condição da malha rodoviária paranaense entre os anos de 1994 e 2006 no qual é possível observar que no ano de 2002, o pavimento degradou significativamente e a condição do pavimento de nível ruim/péssimo passou para 39% em todo o estado.

FIGURA 1: NÍVEL DA CONDIÇÃO DA MALHA PAVIMENTADA NO PARANÁ ENTRE OS ANOS DE 1994 E 2006



FONTE: DER (2006).

O ano de 2002 foi marcado pela grande crise econômica que o estado do Paraná passou e com isso é possível observar que o pavimento, neste ano, degradou em uma grande proporção devido à falta de aplicação de recursos para a manutenção das rodovias do estado (GAZETA DO POVO, 2015).

Diante disso, é possível afirmar que quando não há um investimento na conservação do pavimento a decorrência disso será a deterioração dessa malha, ocasionando a necessidade posterior de um maior investimento para que a rodovia volte a um nível satisfatório de trafegabilidade e segurança ao usuário (CEPAL, 1994).

Devido a necessidade de evitar o avanço da degradação das rodovias é preciso recorrer a sistemas que possuam ferramentas capazes de monitorar e administrar recursos a serem aplicados para conservação da malha, pois um pavimento conservado adequadamente permite, além de segurança ao usuário, o

desenvolvimento de regiões promovendo a indústria e o comércio local (QUEIROZ; HUDSON e HAAS, 1992).

Para evitar esta deterioração, diversos órgãos brasileiros atualmente utilizam como ferramenta de gestão um chamado “sistema gerenciador de pavimentos - SGP” para a administração das suas rodovias. Para a utilização desse sistema, a avaliação superficial do estado de conservação do pavimento é um dado de entrada imprescindível para compor a informação em seu banco de dados (REIS, 2007).

Também, devido ao avanço da tecnologia e de sistemas de informações geográficas existentes no mercado, atualmente é possível o aprimoramento das técnicas utilizadas para levantamento dos defeitos nas rodovias por meio da avaliação superficial utilizando a captação de imagens da estrada para posterior análise, correções e validações de sua condição superficial.

Devido ao alto custo para a implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos, o DER/PR até os dias atuais não possui um SGP inserido no órgão, e diante disso utiliza a metodologia SAM (Sistema de Administração da Conservação) como normativa para a quantificação dos custos necessários para a conservação dos pavimentos, o qual é totalmente realizado através de planilhas de cálculo.

Diante desse cenário, foi levantada a necessidade de elaboração de uma ferramenta de apoio através de um sistema de informação geográfica (SIG) que apresentou as situações atualizadas da superfície das rodovias estaduais por meio da análise integrada de imagens georreferenciadas levantadas em campo. Com a geração desse banco de dados associado ao sistema SIG foi realizada a quantificação do valor necessário de custo para a conservação de cada trecho rodoviário, utilizando como base a normativa hoje aplicada pelo DER/PR, o SAM, para a realização dos cálculos necessários.

Além disso, foi realizada a construção de um banco de dados desenvolvido inteiramente em ambiente SIG o qual foi possível a inserção e visualização das imagens georreferenciadas dos pavimentos, de todos os arquivos base e das tabelas de atributos que foram inseridos como complementos de informação. Com a criação, além de facilitar a previsão orçamentária de custos para a conservação dos pavimentos do estado, foi possível a obtenção de um panorama da situação das rodovias.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio através de um SIG, para auxílio na avaliação visual de pavimentos, a fim de criar um banco de dados das situações históricas e atualizadas da superfície das rodovias estaduais com a integração de imagens georreferenciadas levantadas em campo.

Como subsídio do objetivo geral, os objetivos específicos são:

- Analisar e comparar a avaliação realizada visualmente em campo com a realizada pela análise das imagens georreferenciadas para um estudo de caso de rodovias sob a gestão do DER/PR;
- Testar a aplicabilidade da ferramenta como um método para a tomada de decisão em escritório sem a necessidade de ir-se à campo.
- Desenvolver uma funcionalidade dentro do SIG a fim de calcular o custo aproximado a ser aplicado para a conservação dos pavimentos;
- Elaborar um banco de dados georreferenciados para dar suporte aos órgãos reguladores na avaliação visual realizada pelo DER/PR a fim de comprovar por imagens o levantamento realizado em determinado período.

1.2 JUSTIFICATIVA

A evolução da malha rodoviária brasileira acompanhou o desenvolvimento da agricultura e do setor industrial do país. Diante da carência de um modal rodoviário apropriado para o transporte de produtos agrícolas e com o crescimento da indústria automobilística acelerado entre as décadas de 50 e 60 foi necessário o país expandir seu modal o que fez dessas décadas o grande auge da construção rodoviária (AKISHINO, 2008).

Com o crescimento acelerado das rodovias paranaenses houve a necessidade de mudanças também no sentido da conservação executada pelo DER/PR, uma vez que as características das pistas estavam sendo alteradas, modificando-se de leito natural para pavimento. Além destas mudanças, diante das diferentes características geológicas existentes no estado, houve uma variedade de tipos de implantação de pavimentos a fim de atender as necessidades das

características regionais, variando-se de pavimentos com pedras irregulares, asfálticos, pavimentos de concreto dentre outros (AKISHINO, 2008).

De acordo com Visconti (2000), a implantação e desenvolvimento de um “sistema gerencial de pavimentos – SGP” deve ser inserido nos órgãos objetivando-se a melhor aplicação dos recursos públicos. Em seu sentido mais amplo um sistema de gerência de pavimentos inclui todas as atividades envolvidas no planejamento, projeto, construção, manutenção (conservação e restauração) e na avaliação dos pavimentos que fazem parte de uma infraestrutura viária.

O sistema é composto por um conjunto de ferramentas ou métodos para auxiliar os que tomam decisões a encontrar estratégias ótimas para construir, avaliar e manter os pavimentos em uma condição funcional aceitável, durante certo período.

Diante disso, objetivo geral de um sistema de gerência de pavimentos constitui em:

Alcançar a melhor aplicação possível para os recursos públicos disponíveis e oferecer um transporte rodoviário seguro, compatível e econômico. Um sistema de gerência de pavimentos compreende, portanto, uma gama de atividades que inclui o planejamento, a programação dos investimentos, o projeto, as obras de manutenção e a avaliação periódica dos pavimentos. (VISCANTI, 2000, p. 12).

O DER/PR até os dias atuais não possui um sistema de gerência de pavimentos implantado no órgão, porém, desde o ano de 1981 utiliza o chamado Sistema de Administração da Manutenção Rodoviária (SAM) como instrumento normativo para o planejamento, quantificação e gerenciamento dos seus programas de conservação. O Sistema SAM não é considerado um sistema de gerência de pavimentos, pois atua diretamente na conservação da malha e não nas diversas atividades como o SGP. Segundo Teixeira et al. (2015), a metodologia caracteriza-se como um conjunto de atividades para a realização do desenvolvimento do plano anual de conservação. Ele é um programa de gestão de conservação que tem como objetivo evitar o avanço da degradação de um pavimento.

O procedimento para a realização do programa SAM hoje é executado por técnicos do DER/PR e é processado por meio de planilhas de cálculo gerando um grande volume de dados o qual é realizado e calculado de forma manual.

Além disso, para a realização do cálculo do SAM é necessário como dado de entrada uma avaliação do estado atual de conservação dos trechos rodoviários. De acordo com o manual de gerência de pavimentos (DNIT, 2011) a avaliação superficial

funcional de um pavimento é a relação entre o estado em que o pavimento se encontra superficialmente e o conforto da pista de rolamento. Para essa avaliação então é atribuído um Valor da Serventia Atual do pavimento (VSA) que consiste em notas que são atribuídas por avaliadores para a condição superficial do pavimento.

Anualmente o DER/PR executa esta avaliação a qual é realizada por um único profissional qualificado e de forma visual *in loco*. Cerca de seis meses do ano esse profissional avalia em campo os dez mil quilômetros da malha pavimentada paranaense atribuindo nota a cada mil metros de rodovia percorrida. Como as notas são atribuídas por um único avaliador e realizadas apenas de forma visual, em anos anteriores elas passaram a ser questionadas por órgãos fiscalizadores do estado e por técnicos que trabalham no próprio órgão.

Diante disso, houve-se a necessidade de criação uma funcionalidade elaborada através de um SIG que comprovasse e validasse que as notas atribuídas naquela avaliação eram verdadeiras. Além disso, atualmente o estado não efetua um levantamento de suas rodovias utilizando equipamentos projetados para essa finalidade sendo então, o levantamento visual *in loco* a única metodologia utilizada para a avaliação.

Com a elaboração da ferramenta através do SIG foi possível através do seu banco de dados elaborar um cadastro de informações georreferenciadas das rodovias e desenvolver uma funcionalidade que calculou o custo necessário para a conservação dos trechos rodoviários, oferecendo suporte ao órgão quanto aos questionamentos que eram levantados referente à avaliação visual dos pavimentos.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho além da Introdução presente neste primeiro capítulo é composto por mais quatro capítulos, quais sejam: a) Fundamentação Teórica; b) Materiais e Métodos; c) Estudo de Caso; d) Resultados; e) Considerações Finais.

No segundo capítulo – Fundamentação Teórica – serão apresentados aspectos dos temas abordados no trabalho quais sejam: a) Histórico das rodovias brasileiras; b) Histórico das rodovias paranaenses; c) Sistema gerencial para a conservação rodoviária; d) Metodologia SAM utilizada para a conservação de um pavimento; e) Programa estadual de recuperação e conservação de estradas

pavimentadas do estado do Paraná – PERC e f) Sistema de Informação Geográfica – SIG sistema esse que será utilizado para desenvolvimento do presente trabalho.

No terceiro capítulo – Materiais e Métodos – serão apresentados os materiais necessários que serão adquiridos para realização do presente trabalho. Também será detalhado os meios que serão utilizados para a sua realização, os recursos a serem empregados e as premissas adotadas.

No quarto capítulo – Estudo de Caso – será demonstrado o desenvolvimento do sistema SIG com as informações atualizadas das rodovias paranaenses para auxílio na tomada de decisão para os programas de conservação rodoviários do estado do paraná.

No quinto capítulo – Resultados – será apresentado o resultado do desenvolvimento do sistema SIG.

No sexto capítulo – Conclusões – serão apresentadas as considerações finais relativas ao estudo realizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordado o crescimento das rodovias brasileiras e paranaenses nas últimas décadas, a necessidade de um sistema gerencial para a manutenção destas rodovias, quais metodologias são utilizadas para um programa de conservação de pavimentos e como um sistema SIG pode ser implantado para auxílio para gestão da manutenção da malha rodoviária.

2.1 PANORAMA DAS RODOVIAS BRASILEIRAS

A malha rodoviária brasileira hoje corresponde um total de 1.563,6 mil quilômetros, sendo 94,7% de rodovias estaduais e municipais e 5,3% federais (76,5 mil quilômetros). As estradas pavimentadas representam 13,7% do total (aproximadamente 213,5 mil quilômetros), sendo que os outros 86,3% são de rodovias não pavimentadas correspondendo a um total de 1.350,1 mil quilômetros (INFRAESTRUTURA, 2020).

A principal rodovia brasileira hoje e a maior totalmente pavimentada é a BR-116, compreendendo uma extensão aproximada de 4.500 quilômetros. Ela corta o litoral brasileiro do Nordeste ao Sul do Brasil, mais precisamente, inicia-se em Fortaleza – Ceará e finaliza-se em Jaguarão – Rio Grande do Sul (INFRAESTRUTURA, 2020).

A segunda maior rodovia brasileira é a BR-101 que corta o país do nordeste ao sul iniciando em Touros (Rio Grande do Norte) e finalizando em São José do Norte (Rio Grande do Sul) e possui uma extensão de 4.772,4 quilômetros. A rodovia foi construída pelo Exército Brasileiro e cruza doze estados (BLOG LOGÍSTICA, 2017).

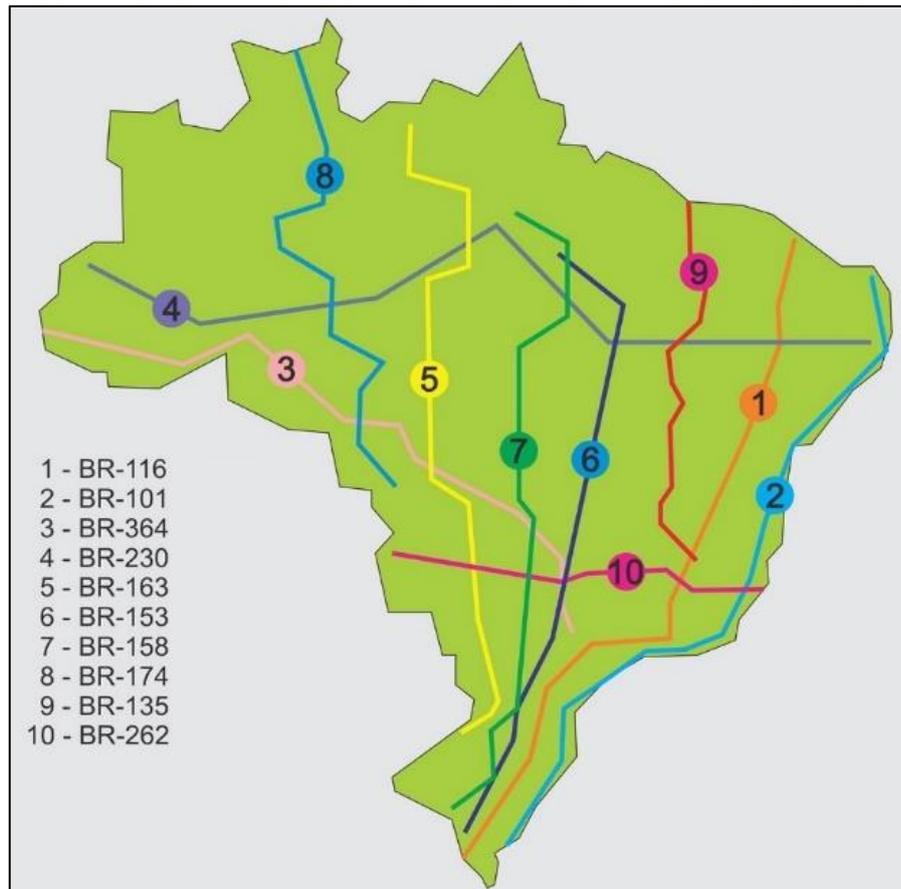
A terceira maior rodovia, BR-364, inicia-se em Limeira em São Paulo e termina seu percurso na cidade de Mâncio Lima – divisa com o Peru. São 4.309 quilômetros de extensão e algumas partes de seu trecho não possuem pavimentação (CARGOBR, 2019).

A quarta maior rodovia, BR-230 (Transamazônica) também possui uma extensão total de 4.309 quilômetros e corta sete estados. Mais da metade de sua extensão não é pavimentada o que a deixa intrafegável nas épocas de chuva (CARGOBR, 2019).

A quinta maior rodovia brasileira, a BR-163 possui 4.057 quilômetros de extensão cruzando o país de norte a sul. Ela é a melhor opção para a trafegabilidade das plantações de soja e grãos do país (CARGOBR, 2019).

Na FIGURA 2 estão representadas de forma esquemática as principais e maiores rodovias brasileiras.

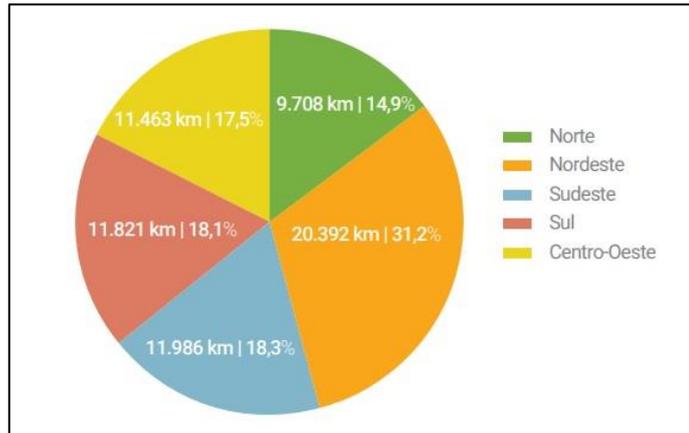
FIGURA 2: FIGURA ESQUEMÁTICA COM AS PRINCIPAIS E MAIOES RODOVIAS BRASILEIRAS



FONTE: VIAGENS E CAMINHOS (2020).

No Brasil verifica-se que apenas 213.453 quilômetros de suas rodovias são pavimentados, correspondendo a apenas 12,4% da extensão total de suas estradas. A FIGURA 3 demonstra o percentual da extensão de rodovias federais pavimentadas por região, onde 31,2% da malha concentra-se na região nordeste do país e 18,1% está limitada na região sul (CNT, 2019).

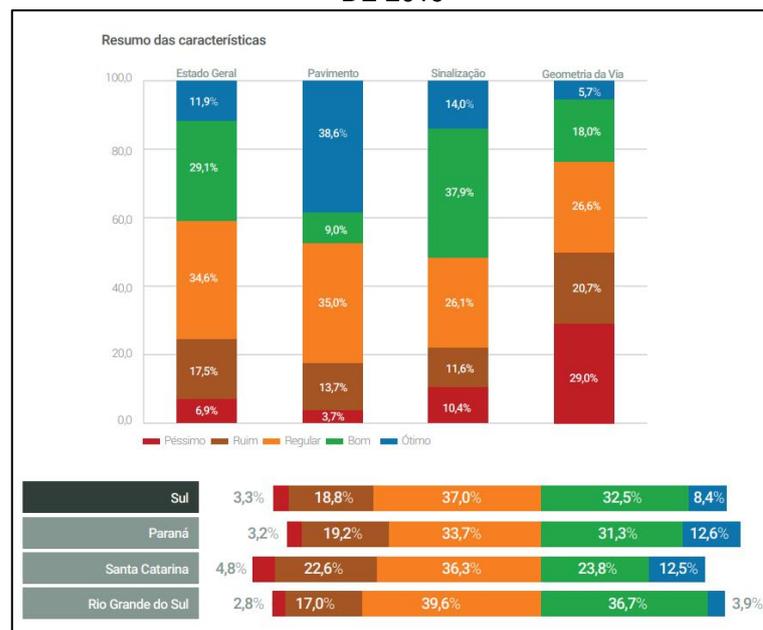
FIGURA 3: PERCENTUAL DA EXTENSÃO DE RODOVIAS BRASILEIRAS FEDERAIS PAVIMENTADAS POR REGIÃO



FONTE: CNT (2019).

No ano de 2019, a Confederação Nacional de Transporte (CNT) realizou uma pesquisa em 108.863 quilômetros de rodovias pavimentadas brasileiras, contemplando as rodovias federais e estaduais, ou seja, considerando mais da metade da malha rodoviária do país. De acordo com a pesquisa, a condição dos pavimentos apresenta-se 38,6% em nível ótimo, 9% em nível bom e 52,4% em nível regular a péssimo. No estado do Paraná 12,6% das rodovias estão em nível ótimo, 31,3% em nível bom e 56,1% de nível regular a péssimo, conforme representado na FIGURA 4.

FIGURA 4: AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS RODOVIAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL NO ANO DE 2019



FONTE: CNT (2019).

No Brasil, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é o órgão responsável pela manutenção, ampliação, construção e fiscalização dos problemas relacionados ao Sistema Federal de Viação. Ele é responsável pela conservação das rodovias federais do país, realizando um conjunto de operações rotineiras, periódicas e de emergência a fim de proporcionar conforto e segurança aos usuários (DNIT, 2005).

2.2 PANORAMA DAS RODOVIAS PARANAENSES

Situado na região sul do país, o estado do Paraná no ano de 1908 possuía cerca de 900 quilômetros de rodovias as quais eram responsáveis pela trafegabilidade das carroças, carroções e diligências (primeiros “ônibus” de transportes de passageiros) daquela época, porém, em época de chuva os caminhos ficavam intrafegáveis e em contrapartida, em época de seca gerava-se uma intensa poeira o que acabava impossibilitando as travessias (DER, 1986).

No ano de 1913 a estrada da Graciosa que liga Curitiba a Morretes passou por reparos e praticamente foi reconstruída. A sua recuperação deu início ao movimento rodoviário do estado. Nessa época um oitavo da receita do Paraná foi aplicado em serviços de conservação e construção de seus caminhos que ficavam cada vez mais modernos e confortáveis. Os governos de Affonso Camargo e Munhoz da Rocha realizaram a construção de muitas estradas, porém o grande auge viria com o governo de Manoel Ribas entre os anos de 1932 e 1945 (DER, 1986).

No ano de 1952 foi iniciada a primeira pavimentação no estado. O trecho possuía 150 quilômetros e ligava a cidade de Londrina a Apucarana e Londrina a Santa Mariana. A partir deste ano, o então governador da época (Bento Munhoz da Rocha Neto) passou a investir na malha rodoviária o que resultou em uma expansão das rodovias pavimentadas que passaram a interligar grandes núcleos urbanos, além das rodovias não pavimentadas que também compõe a malha rodoviária do Estado (AKISHINO, 2008).

No ano de 1970 o objetivo era integrar totalmente o estado com o programa de pavimentação de rodovias vicinais por meio de um financiamento com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O resultado deste programa proporcionou 4.120 quilômetros de estradas novas em todo o Paraná

realizando a ligação dos municípios do interior aos troncos rodoviários que levam aos grandes centros e ao litoral (DER, 2006).

Em 1981, por meio de empréstimos com o Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, foi realizado um programa que abrangia a região sudoeste do Paraná o qual foram realizados serviços de construção e melhorias de cerca de 5,3 mil quilômetros de estradas rurais e pavimentadas. A expansão das estradas para conectar os municípios aos centros urbanos continuou aumentando significativamente a geração de empregos e o desenvolvimento social (DER, 2006).

No ano de 1990 a malha rodoviária Paranaense estava firmada, entretanto o crescimento da economia do estado dependia da abertura de novos mercados e da atração de cargas para o porto de Paranaguá. Diante disso, foi preciso investir e então o estado trabalhou na duplicação da rodovia BR-376 que liga o Paraná a Santa Catarina e na construção da ponte de Guaíra que liga o Paraná ao Mato Grosso do Sul (DER, 2006).

Ao final do ano de 2002 a situação das rodovias paranaenses era crítica. Cerca de 40% de toda sua malha estava em condição precária devido à má gestão política de investimentos que deixou de lado a aplicação dos recursos na conservação das rodovias (DER, 2006).

Até o final do ano de 2006 com o grande investimento de cerca de 1,2 bilhão de reais, aproximadamente 5 mil quilômetros de rodovias do estado foram recuperados, pavimentados e duplicados, restando apenas 5% da malha em condição ruim/péssima (DER, 2006).

No Paraná, o Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER) é o órgão responsável pela manutenção, ampliação, construção e fiscalização das rodovias do estado.

2.3 SISTEMA GERENCIAL PARA A CONSERVAÇÃO RODOVIARIA

Os pavimentos rodoviários correspondem a um grandioso e valioso patrimônio para o estado e para o país, porém, para manter um bom nível de trafegabilidade das vias é necessário a implantação de programas de conservação e restauração. Qualquer interrupção dos serviços necessários implicará em investimentos cada vez mais altos no futuro para sua recuperação (VISCONTI, 2000).

Para a administração da malha rodoviária é necessário a implantação de um sistema de gerência de pavimentos o qual é composto de todas as informações referentes as rodovias, tais como as dimensões da estrutura da via (espessura de camadas, tipo de revestimentos dentre outros) além dos levantamentos das condições dessas estruturas efetuadas em campo. Tais informações então alimentará um sistema que é contemplado com amplas atividades desde o planejamento, programação de investimentos, projeto, construção, manutenção e avaliação e o controle de todas as etapas desse processo e das rodovias (VISCONTI, 2000).

Atualmente o DNIT realiza a contratação dos serviços de gerenciamento da conservação através dos Planos Anuais de Trabalho e Orçamento (PATO) que tem por finalidade eliminar a existência de buracos nas rodovias federais administradas pelo órgão e a melhoria da qualidade do estado de conservação das rodovias (INSTRUÇÃO DE SERVIÇO, 2019). O Departamento também confeccionou um manual de conservação o qual alguns estados brasileiros seguem como normativa para a realizações dos seus serviços de manutenção. Segundo o DNIT (2005) as atividades que compõe os serviços de conservação podem ser divididas em grupos de trabalhos e classificadas como:

CONSERVAÇÃO CORRETIVA ROTINEIRA: É o conjunto de operações de conservação que tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia;

CONSERVAÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA: É o conjunto de operações de conservação realizados periodicamente com o objetivo de evitar surgimento ou agravamento de defeitos; trata-se de tarefas requeridas durante o ano, mas cuja frequência de execução depende do trânsito, topografia e clima;

CONSERVAÇÃO DE EMERGÊNCIA: É o conjunto de operações, que com o serviço ou obras necessárias para reparar, repor, reconstruir ou restaurar trechos de uma estrutura da rodovia, que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário, ocasionando à interrupção do tráfego da rodovia;

RESTAURAÇÃO: Conjunto de operações destinado a reestabelecer o perfeito funcionamento de um bem determinado ou avariado, e reestabelecer, na íntegra, suas características técnicas originais;

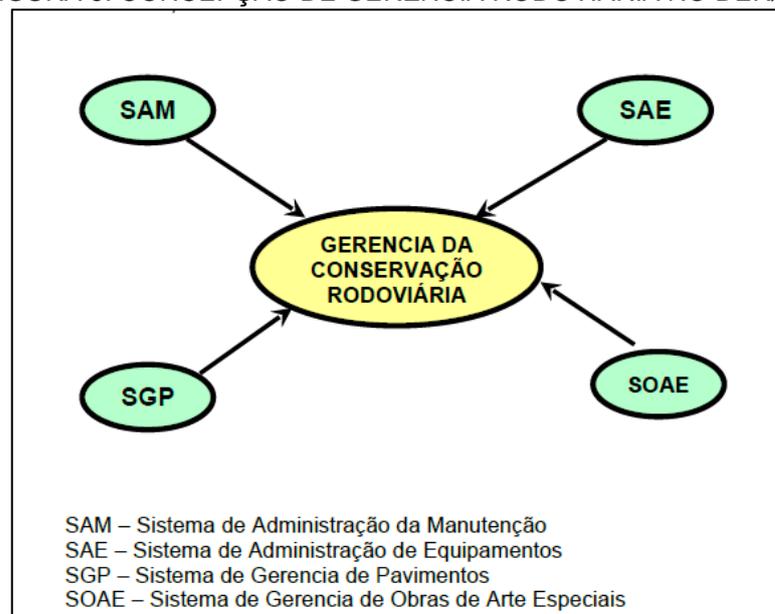
MELHORAMENTO DA RODOVIA: É o conjunto de operações que acrescentam à rodovia existente características novas ou modificam as características existentes (DNIT, 2005, p. 99).

De acordo com Akishino (2008), um sistema gerencial desenvolve uma gama de tarefas, sendo elas:

- a) Avaliação do estado de conservação do pavimento;
- b) Estimativa das condições futuras de degradação do pavimento;
- c) Determinação da melhor época de manutenção e qual a melhor estratégia;
- d) Concepção de programas de manutenção de pavimentos, otimizando os investimentos necessários.

A concepção de gerência da conservação dos pavimentos segundo Akishino (2008), pode ser observada na FIGURA 5 a qual demonstra o envolvimento de todos os sistemas que podem ser implantados para a composição dessa administração. O objetivo desse grupo de sistemas é proporcionar como resultado uma eficiente e eficaz administração da conservação em seu processo de planejamento e controle.

FIGURA 5: CONCEPÇÃO DE GERÊNCIA RODOVIÁRIA NO DER/PR



FONTE: AKISHINO (2008).

Diante desta necessidade de implantação de um sistema para o gerenciamento dos pavimentos, o estado do Paraná na década de 80 formalizou um contrato subsidiário ao Acordo de Empréstimo 1557-BR com o Banco Mundial que possibilitou a implantação e administração de técnicas possibilitando o desenvolvimento de programas de metodologia dos Sistemas de Administração da Manutenção Rodoviária o qual é conhecido como SAM (AKISHINO, 2008). Porém, o sistema SAM não é considerado um sistema de gerência de pavimentos pois ele atua diretamente na conservação das rodovias e não nas demais etapas como um sistema

opera. O Sistema de Gerência de Pavimento até hoje não foi inserido no DER/PR devido ao alto custo para sua implantação.

De acordo com Akishino (2008), os objetivos do sistema SAM são:

Manter um cadastro atualizado dos elementos rodoviários, qualificar o estado de conservação de cada segmento rodoviário e seus elementos, fornecer subsídios para quantificação dos serviços e necessidades de recursos para a conservação, propiciando a elaboração de programas de conservação e propostas orçamentárias; propiciar a planificação e execução de serviços e assegurar o controle dos serviços executados (AKISHINO, 2008, p. 14).

2.4 METODOLOGIA SAM UTILIZADA PARA A CONSERVAÇÃO DE UM PAVIMENTO

Para o gerenciamento da modalidade e cálculo da conservação, diversos departamentos de infraestrutura do Brasil têm aderido a metodologia SAM. A empresa Softplan (empresa de elaboração de softwares) desenvolveu uma plataforma que gerencia todas as etapas do processo de manutenção, desde suas prioridades de execução até a previsão orçamentária e programação dos serviços (ABDER, 2011).

No Distrito Federal a plataforma SAM ajuda na fiscalização de mais de 1,9 mil quilômetros de rodovias. Com o sistema é possível ter uma visão do cenário atual e futuro e um controle das necessidades e custos (SOFTPLAN, 2020).

Atualmente, o DER/PR adota a metodologia SAM para cálculo e planejamento dos serviços de conservação. A metodologia caracteriza-se como um conjunto de atividades para a realização do desenvolvimento do plano anual de conservação. Ele é um programa de gestão de conservação que tem como objetivo evitar o avanço da degradação do pavimento, porém, não é considerado um SGP e sim uma metodologia apenas aplicada na conservação dos pavimentos.

Através desta metodologia atualmente o DER desenvolve seus programas de conservação de nome: conservação de pavimentos (COP) e a conservação e recuperação descontínua com melhoria do estado do pavimento (CREMEP). Seu objetivo final é através de sua análise indicar os serviços, quantidades e custos para a conservação específicos para cada trecho de rodovia em função da condição atual do pavimento, o volume de tráfego para aquele trecho e demais fatores. A partir disso, o sistema aplica um nível de esforço para cada serviço a fim de que o trecho atinja

uma condição apropriada, o que será melhor detalhado abaixo (TEIXEIRA et al., 2015).

2.4.1 Etapas da metodologia SAM

Para a aplicação da metodologia SAM é necessário manter um cadastro atualizado dos elementos que constam na rodovia e qualificar o estado de conservação em que aquela rodovia (ou trecho rodoviário) se encontra. Além disso é necessário o fornecimento de subsídios para a quantificação dos serviços que serão executados, sendo então possível a elaboração dos programas de conservação e as propostas orçamentárias (AKISHINO, 2008).

Para o desenvolvimento da metodologia SAM e cálculo do custo de conservação de um trecho rodoviário é necessário seguir um processo com as seguintes etapas a serem cumpridas na fase do planejamento: i) realização do cadastro rodoviário; ii) atividades de conservação; iii) níveis de esforço; iv) normas e padrões de desempenho e por fim v) o orçamento anual do programa de conservação (detalhadas logo abaixo).

Inicialmente para o planejamento dos serviços de conservação, demanda-se a necessidade de um conhecimento detalhado de toda a malha rodoviária. Deve-se primeiramente ser realizado um inventário rodoviário, levando-se em conta todos os elementos existentes. Após isso é necessário a análise e listagem dos serviços, a definição das prioridades e o custo unitário de cada item (GOVERNO DE BRASÍLIA, 2016).

Na fase do planejamento são realizadas as etapas de identificação das características rodoviárias (inventário das estradas), definição das necessidades de manutenção (atividades de conservação), quantidade de conservação que deve ser executada (níveis de esforço), descrição do processo de trabalho de cada atividade de conservação (normas e padrões de desempenho) e o resultado do orçamento anual de investimento (orçamento do programa anual) (DER, 1982).

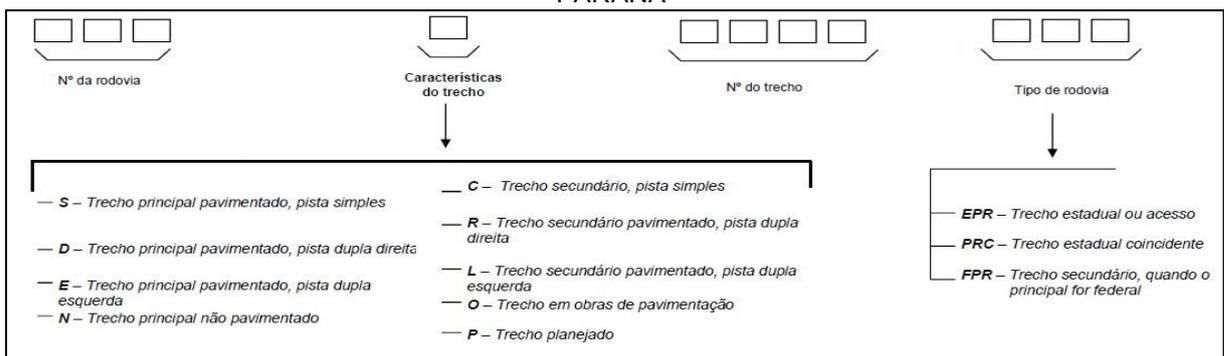
2.4.1.1 Realização de um Cadastro Rodoviário

O inventário ou cadastro rodoviário é executado em duas fases distintas. Na primeira fase é registrado e criado um banco de dados dos tipos e quantidades de

todos os elementos existentes naquele trecho rodoviário, é realizado então, um cadastro inicial e atualizado quando forem inseridos novos elementos naquele trecho. Na segunda etapa é realizado um levantamento da condição do estado de conservação superficial do pavimento o que influi sobre o quanto de conservação deve ser realizado naquele trecho (AKISHINO, 2008).

Para o cadastro dos códigos rodoviários utiliza-se como base o Sistema Rodoviário Estadual – SRE que consiste em um caderno que descreve a malha rodoviária sob jurisdição do estado do Paraná. Os trechos rodoviários são codificados de acordo com a FIGURA 6, onde os três primeiros campos demonstram o número da rodovia, o quarto campo as características do trecho, quinto a oitavo campo demonstra o número do trecho e os três últimos o tipo da rodovia (GOVERNO DO PARANÁ, 2018).

FIGURA 6: CODIFICAÇÃO DOS TRECHOS RODVIÁRIOS APLICADOS PELO ESTADO DO PARANÁ



Fonte: GOVERNO DO PARANÁ (2018).

2.4.1.2 Cadastro do tipo de revestimento do pavimento

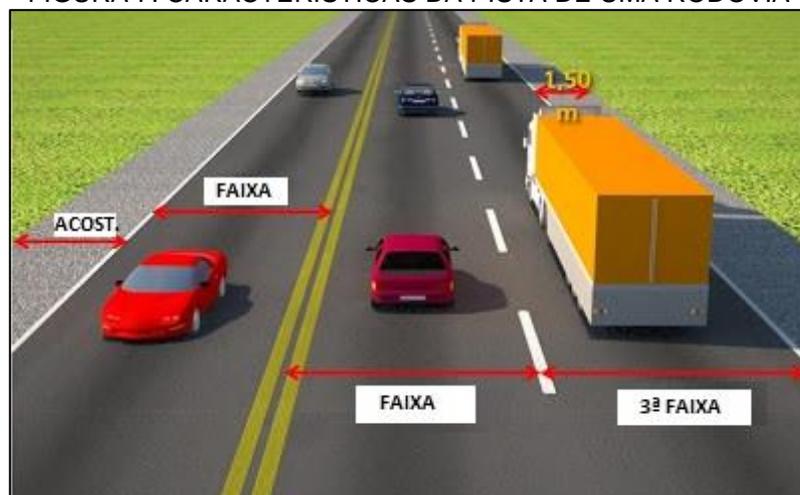
Os pavimentos são estruturas que possuem várias camadas sendo o revestimento a sua camada superior que receberá a carga proveniente dos veículos e de intempéries. No Brasil um dos tipos mais empregados de revestimentos é o Concreto Betuminoso Usinado a Quente conhecido por CBUQ (CARLUC, 2020). O estado do Paraná possui seis diferentes tipos de revestimentos em toda a sua malha rodoviária e de acordo com (SOARES et al., 2010), podem ser definidos como:

- Concreto Betuminoso usinado a quente (CBUQ): Mistura entre agregados de múltiplas dimensões e cimentos asfálticos e posteriormente aquecidos;
- Pré misturados a frio (PMF): Mistura entre agregados graúdos, miúdos e de enchimentos (exemplo da cal), misturados com emulsão asfáltica de petróleo na temperatura ambiente;
- Pré misturados a quente (PMQ): Mistura entre agregados graúdos e cimentos asfálticos executada a quente em usina;
- Tratamento superficial simples (TSS), Tratamento superficial duplo (TSD) e Tratamento superficial triplo (TST): Aplicação de ligante asfáltico e agregados com posterior compactação promovendo o recobrimento parcial e a adesão entre os agregados e ligantes. O TSS possui uma camada de ligante e agregado enquanto o TSD possui duas camadas de ligantes e agregados e o TST Possui três camadas de ligantes e agregados.

2.4.1.3 Cadastro da largura da pista de rolamento e acostamento

A pista de uma rodovia é a porção dela destinada ao uso dos veículos incluindo os seus acostamentos. A soma total da largura de uma pista são as suas duas faixas, incluem também as terceiras faixas e os acostamentos, conforme apresentado na FIGURA 7.

FIGURA 7: CARACTERÍSTICAS DA PISTA DE UMA RODOVIA



Fonte: LAJES NOTÍCIAS (2013).

2.4.1.4 Cadastro do tipo de base do pavimento

De acordo com DNIT (2005), as bases e sub-bases podem ser classificadas em: base e sub-bases granulares, solo-cimento, solo melhorado com cimento, solo-cal, solo melhorado com cal e solo-betume, conforme descritas abaixo:

- Base e Sub-base granular (BG): Camadas que compostas pelo solo, britas de rochas, escória de alto forno ou mistura deles;
- Solo Cimento (SC): Mistura compactada de solo, cimento Portland e água;
- Solo melhorado com Cimento: Adição de pequenos teores de cimento;
- Solo cal: Mistura de solo, cal e água e algumas vezes cinza volante;
- Solo betume: Mistura de solo, água e material betuminoso.

2.4.1.5 Cadastro do volume de tráfego rodoviário

O volume de tráfego é definido como o número total de veículos que trafegam em uma seção de uma determinada via durante um período estipulado, sendo este definido em veículos por dia ou veículos por hora (DNIT, 2006).

O cadastro bem definido do volume de tráfego é importante tanto para compor o dimensionamento das rodovias e a correção de projeto geométrico como também, para a composição de melhorias a serem realizadas na via.

2.4.1.6 Cadastro da condição da malha pavimentada (valor da serventia atual de um pavimento)

A avaliação superficial do pavimento é uma etapa de imensa importância para as definições das condições funcionais, estruturais e operacionais dos pavimentos. Este valor consiste em notas atribuídas por um avaliador em uma escala de 0 a 5 levando em consideração o conforto e ao rolamento do veículo na pista (MEDINA e MOTTA, 1997).

O DER/PR promove anualmente o levantamento da condição das rodovias do estado do Paraná. Para cada trecho avaliado são atribuídas as notas a cada um

quilômetro de extensão variando de zero a cinco associando-se a nota aos defeitos dos pavimentos (TEIXEIRA et al., 2015). A FIGURA 8 descreve uma associação entre as notas e a condição das rodovias.

FIGURA 8: DESCRIÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO SEGUNDO A METODOLOGIA SAM

Condição do pavimento	Descrição
Muito boa (5)	Pavimento novo não necessitando de tapa buraco e outros reparos.
Boa (4)	Pavimento em boas condições, com operação de rotina de tapa buraco e de eventuais outros reparos.
Regular (3)	Operação de rotina de tapa buraco e execução de remendos profundos ocasionais, correção localizada do revestimento com lama asfáltica, micro ou reperfilagens
Ruim (2)	Operação de rotina de tapa buraco e de remendos profundos. Surge a Desagregação do Revestimento. Requer, em maior intensidade, a correção localizada do revestimento com lama asfáltica, micro, reperfilagens ou recape.
Péssima (1)	Pavimento próximo do final da vida útil, com ocorrência generalizada de operação tapa buraco, remendos superficiais e profundos. Necessidade de correção superficial e profunda com aplicação lama, micro, reperfilagens e recape.

Fonte: TEIXEIRA et al. (2015).

2.4.1.7 Nível de Esforço a ser aplicado para a conservação de um pavimento segundo a metodologia SAM

O nível de esforço tem por objetivo apresentar os dados de quanto de conservação deve ser executado em um determinado trecho para que ele atinja uma condição adequada. Segundo o manual de conservação rodoviária do DNIT (2005), nível de esforço pode ser definido como:

O nível de esforço de uma tarefa é a quantidade de trabalho que se pretende aplicar durante o ano a cada unidade de inventário correspondente a essa tarefa. Por exemplo, se adotarmos um nível de esforço igual a 3 m/m para a limpeza de sarjeta e meio-fio, isso significa que a cada metro de sarjeta e meio-fio inventariados receberá 3 metros de limpeza; ou seja, a limpeza será realizada 3 vezes por ano (DNIT, 2005, p. 230).

Verifica-se então que quanto maior for o nível de esforço, maior será necessário a quantidade de conservação e conseqüentemente maior será o custo a investir.

2.4.1.8 Atividades de Conservação de pavimentos (SAM)

As atividades de conservação compreendem-se em grupos de tarefas utilizadas para a manutenção dos trechos rodoviários. É uma lista de serviços variados que serão aplicados em diferentes tipos de elementos rodoviários (AKISHINO, 2008).

De acordo com o manual de conservação rodoviária do DNIT (2005), as atividades de conservação são distribuídas em 5 grupos, conforme definição:

- a) Grupo de atividades de conservação rotineira e corretiva: o objetivo principal dessa atividade é o reparo de um defeito em um determinado trecho;
- b) Grupo de atividades de conservação preventiva periódica: conservação realizada com uma determinada frequência a fim de evitar o surgimento de defeitos no trecho;
- c) Grupo de atividades de reconstrução de pavimentos;
- d) Grupo de atividades de conservação emergencial;
- e) Grupo de atividades de melhoramentos.

2.4.1.9 Normas e Padrões de Desempenho das atividades de conservação

As normas e padrões de desempenho descrevem cada atividade de conservação, incluindo o nome da atividade a ser executada conjuntamente com o seu respectivo código, a produção média diária da equipe de cada atividade, um passo a passo detalhado de como o trabalho deve ser realizado e a composição da equipe desde o nível pessoal mínimo de trabalho, até os equipamentos, ferramentas e relação de material para a realização de cada trabalho (AKISHINO, 2008).

2.4.1.10 Realização do orçamento do Programa Anual

O último passo para o planejamento é a elaboração do orçamento. Comumente acontece a necessidade de alterações no orçamento adequando o mesmo as atuais realizadas financeiras. Será necessário então a revisão das atividades de conservação, níveis de esforço reduzindo seus valores para melhor adequação (AKISHINO, 2008).

2.5 AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS

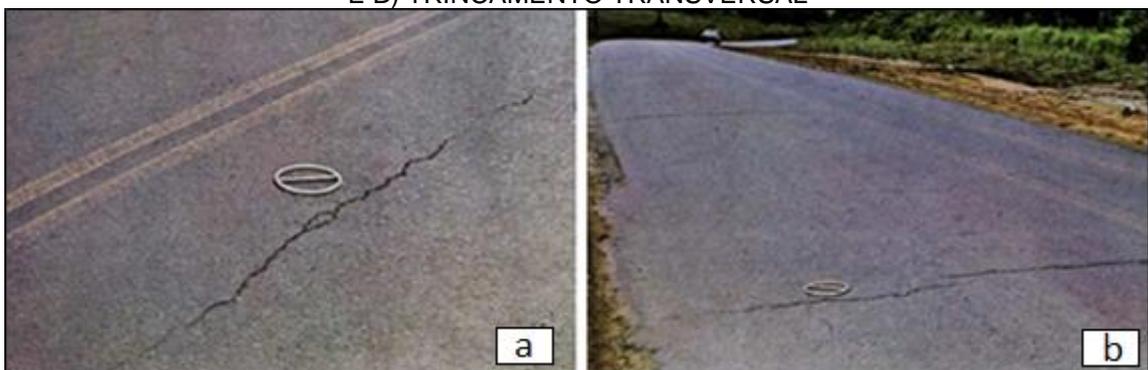
A Avaliação superficial dos pavimentos tem por objetivo a determinação da condição funcional das rodovias. Devido ao grande volume tráfego e as condições climáticas os pavimentos sofrem processos de degradação ao longo dos anos, necessitando então de uma avaliação de seu estado para que possa ser tomada decisões sobre o nível e detalhamento a respeito da conservação que deve ser adotada naquele trecho.

2.5.1 Defeitos superficiais mais encontrados nos pavimentos

Existem diversos manuais para a identificação de defeitos que podem apresentar um pavimento. De acordo com a norma do DNIT-005 (2003), Reis (2007) e Machado (2013), as definições para cada tipo de defeitos em grande maioria são coincidentes. Apresentam-se os defeitos encontrados nos pavimentos e analisadas pelo DER/PR em suas avaliações nas rodovias do estado do Paraná.

- I. Trinca longitudinal e transversal: As trincas longitudinais são paralelas ao eixo da via enquanto as transversais são perpendiculares a ele, conforme FIGURA 9.

FIGURA 9: EXEMPLO DE TRINCAMENTO EM PAVIMENTOS. A) TRINCAMENTO LONGITUDINAL E B) TRINCAMENTO TRANSVERSAL



FONTE: DNIT (2003)

- II. Trinca tipo jacaré: São trincas interligadas em várias direções decorrente da ação da carga de tráfego, conforme FIGURA 10.

FIGURA 10: EXEMPLO DE TRINCAMENTO TIPO JACARÉ EM PAVIMENTOS



FONTE: DNIT (2003); SINDETRANS (2018)

- III. Trinca em bloco: São trincas interligadas parecendo blocos retangulares de diferentes tamanhos, podendo ou não sofrer redução ou aumento nas suas dimensões com o passar do tempo, conforme FIGURA 11.

FIGURA 11: EXEMPLO DE TRINCAS INTERLIGADAS EM PAVIMENTOS



FONTE: DNIT (2003); SINDETRANS (2018)

- IV. Desgaste: Perda dos agregados que contém no pavimento, gerando uma aspereza na superfície da rodovia, conforme FIGURA 12.

FIGURA 12: EXEMPLO DE DESGASTE NO PAVIMENTO



FONTE: DNIT (2003); SINDETRANS (2018)

- V. Panela ou buraco: Cavidade que se forma no pavimento que apresentam dimensões e profundidades variadas, conforme FIGURA 13.

FIGURA 13: EXEMPLO DE PANELA/BURACO EM UM PAVIMENTO



FONTE: DNIT (2003); SINDETRANS (2018)

- VI. Remendo: Uma área do revestimento que o material será substituído por outro, podendo ser apenas superficialmente, ou de forma mais profunda, podendo ou não haver a substituição de camadas inferiores do pavimento, conforme FIGURA 14.

FIGURA 14: EXEMPLO DE REMENDO EM UM PAVIMENTO



FONTE: SINDETRANS (2018).

- VII. Afundamento localizado ou depressão: É um afundamento que possui uma altura abaixo do nível da pista, conforme FIGURA 15.

FIGURA 15: EXEMPLO DE AFUNDAMENTOS EM UMA RODOVIA



FONTE: DNIT (2003); SINDETRANS (2018)

- VIII. Afundamento na trilha de roda: Afundamento ocasionado na passagem das cargas (nas trilhas da roda), conforme FIGURA 16.

FIGURA 16: EXEMPLO DE TRILHA DE RODA EM PAVIMENTOS



FONTE: DNIT (2003); SINDETRANS (2018)

- IX. Corrugação (ondulação, costela): Ondulações ou corrugações na superfície da rodovia, conforme FIGURA 17.

FIGURA 17: EXEMPLO DE CORRUGAÇÃO EM PAVIMENTO



FONTE: SINDETRANS (2018).

- X. Exsudação: Excesso de betume na superfície do pavimento, deixando a rodovia com aspecto manchado numa tonalidade escura, conforme FIGURA 18.

FIGURA 18: EXEMPLO DE EXSUDAÇÃO NO PAVIMENTO



FONTE: SINDETRANS (2018).

- XI. Escorregamento: É o deslocamento do revestimento do pavimento, conforme FIGURA 19.

FIGURA 19: EXEMPLO DE ESCORREGAMENTO EM UM PAVIMENTO



FONTE: SINDETRANS (2018).

2.6 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE DEFEITOS DOS PAVIMENTOS

Para a realização de um programa de conservação de pavimentos a avaliação superficial da rodovia é uma das etapas mais importantes pois com ela serão definidas as condições funcionais, estruturais e operacionais dos pavimentos alimentando posteriormente o sistema com essas informações. Tal avaliação determina o estado superficial do pavimento e o conforto ao rolamento do veículo estabelecendo o valor

da serventia atual (VSA) que constitui em notas que são atribuídas por um técnico avaliador (DNIT, 2011).

O primeiro método de forma sistemática para a avaliação funcional de um trecho foi idealizado por *Carey e Iric*, em 1960, para as pistas experimentais da AASHO (*American Association of State Highway Officials*) hoje de nome AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). O valor da serventia atual é a atribuição de uma nota ao pavimento em uma escala de 0 a 5 que será atribuída pelo avaliador de acordo com o nível de superfície do pavimento e seu conforto (DNIT, 2011). Essa escala de notas está demonstrada na FIGURA 20.

FIGURA 20: NÍVEIS DE SERVENTIA DE UM PAVIMENTO SEGUNDO O DNIT

Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

FONTE: DNIT (2011).

O nível de condição de um pavimento com o decorrer do tempo diminui devido ao alto volume de tráfego e às intempéries. De acordo com o guia de dimensionamento da AASHTO (1990), tanto o critério de resistência quanto o de serventia são necessários para a determinação da condição que se encontra um pavimento.

Atualmente o VSA tem sido atribuído através do levantamento visual contínuo da superfície do pavimento - LVC o qual identifica os defeitos da superfície da rodovia. Tal levantamento deve ser realizado na faixa de rolamento que possuir maior quantidade de defeitos ou dependendo de sua finalidade deve ser realizado nas duas faixas (DNIT, 2011).

De acordo com o manual de gerência de pavimentos do DNIT (2011), a avaliação visual poderá ser realizada de duas maneiras:

a) Direta, “in loco”, com o auxílio de veículo equipado com hodômetro de precisão, GPS de navegação e sistema computacional apropriado para registro das ocorrências inventariadas. A operação do sistema deve ser realizada por profissionais qualificados e experientes na interpretação dos defeitos do pavimento;

b) Indireta, com o auxílio de imagens de alta definição sincronizadas sequencialmente por sistema computacional, associadas à quilometragem e as referências geográficas. O sistema deve dispor de recursos de zoom, níveis de velocidade de reprodução progressiva e regressiva, além de ser capaz de adequar-se as configurações que possibilite o cadastro de ocorrências de pavimentos flexível, semirrígido e rígido (DNIT, 2011, p. 69).

2.6.1 Avaliação direta – in loco

A avaliação direta da condição do pavimento pode ser realizada de duas maneiras, através da avaliação objetiva de pavimentos e do levantamento visual contínuo.

a) Avaliação Objetiva de Pavimentos

A avaliação objetiva de pavimentos é realizada a partir da ida a campo por técnicos que realizam a contagem e classificação de ocorrências de defeitos e as suas medidas em uma determinada área do pavimento, tendo como base a normativa do DNIT 006/2003 – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – procedimento (DNIT, 2003).

b) Levantamento visual contínuo - LVC

O levantamento visual contínuo – LVC determina a condição da superfície de um pavimento sendo analisado de forma visual a frequência de defeitos encontrados no pavimento. O levantamento é realizado por técnicos no interior de um veículo que atribui notas de acordo com a nível visual da condição do pavimento. O LVC é muito utilizado por órgãos rodoviários brasileiros, tendo como referência a norma no DNIT 008/2003 - Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos (REIS, 2007) e (DNIT, 2003).

2.6.2 Avaliação indireta – levantamento por vídeo registros

No que tange os métodos utilizados para a análise do estado de conservação de um pavimento, nos últimos anos a avaliação visual através do imageamento tornou-se algo rotineiro. Os levantamentos automatizados são realizados com veículos que possuem aparelhos e equipamentos de vídeo para filmagem e fotografias. De acordo com Reis (2007), com a utilização desse levantamento é possível por meio das imagens identificar os tipos, severidade e integridade dos defeitos contidos na pista. No Brasil, esse levantamento é denominado de vídeo registro.

Com esse tipo de levantamento é realizado a coleta das imagens em campo por meio das câmeras para posterior análise em escritório. Diversos estudos já foram realizados para melhoramento e aperfeiçoamento desse levantamento. Tal avaliação são utilizadas pelos técnicos para uma melhor inspeção e compreensão dos indicadores para o melhoramento da trafegabilidade.

No Brasil a técnica de avaliação do pavimento através da aplicação do vídeo registro já é executada em outros estados. O Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina – DEINFRA realizou em parceria com empresa especializada a avaliação da malha pavimentada através da aplicação da avaliação indireta do pavimento. No total, aproximadamente 10.000 km de rodovias do estado foram levantadas com esta técnica (PAVESYS, 2013).

Cerca de 55.000 km de rodovias federais sob responsabilidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) no ano de 2020 foram levantadas através do método de vídeo registro. O objetivo do levantamento foi a composição/atualização do banco de dados da situação das rodovias federais objetivando a priorização das intervenções para a melhorias nas rodovias (DNIT, 2020).

No Reino Unido o método de imageamento virou uma rotina de inspeção o qual utiliza-se veículos preparados para a digitalização da superfície da estrada. Sistemas como o *Yotta Tempests* e WDM RAVs, demonstrados na FIGURA 21, fazem o imageamento através do infravermelho ou iluminação a laser que ajudam a minimizar erros ocasionados pela luz do sol nas imagens capturadas. São capturadas sequências de imagens as quais são sobrepostas umas às outras formando um mosaico (WRIGTH, 2017).

FIGURA 21: IMAGEAMENTO DE ROTINA NO REINO UNIDO. A) SISTEMA YOTTA TEMPESTS PARA IMAGEAMENTO RODOVIÁRIO E B) SISTEMA WDM RAVS PARA IMAGEAMENTO RODOVIÁRIO



FONTE: YOTTA (2020).

FONTE: WDM (2020).

Segundo Reis (2007), a base para a realização do vídeo registro é o veículo bem equipado para o imageamento ou filmagem. Todo o levantamento deve ser georreferenciado e atribuído o quilômetro local da imagem, e devem possuir as seguintes características:

- Código da rodovia;
- Data e hora da filmagem ou imagem;
- Quilometragem e
- Latitude e longitude.

Ainda, de acordo com Reis (2007), as imagens ou vídeos levantados através do vídeo registro, quando descarregadas em escritório são analisadas por técnicos que podem além de verificar a condição da superfície do pavimento gerar outros relatórios dos inventários das rodovias tais como:

- Inventário dos seguimentos críticos;
- Inventário das interseções e acessos;
- Inventário das travessias urbanas e contornos rodoviários;
- Inventário das obras de artes especiais;
- Inventário da ocupação da faixa de domínio e
- Inventário da necessidade da sinalização vertical e horizontal.

Wang e Gong (2002), propuseram o desenvolvimento de um sistema capaz de estabelecer um modelo tridimensional da superfície através de imagens coletadas a fim de verificar as condições superficiais de um pavimento. Devido à alta tecnologia das câmeras atuais e os softwares computacionais foi possível o desenvolvimento de algoritmos para o processamento dessas imagens. Como a superfície de um pavimento pode conter objetos como pneus, marcas de óleo e sujeira, o objetivo desse sistema foi o desenvolvimento mais preciso de uma plataforma para distinguir os resíduos das anomalias presentes no pavimento.

2.6.3 Avaliação visual de pavimentos com o uso de outras ferramentas

A identificação das patologias dos pavimentos com o auxílio de um veículo aéreo não tripulado (VANT) é uma alternativa para a coleta de dados da situação dos pavimentos. Os VANTS são veículos que podem voar automaticamente ou ser pilotados por meios eletrônicos e através da sua coleta de imagens e informações pode realizar o mapeamento e inspeção das patologias nos pavimentos (FERNANDES et al., 2020).

De acordo com Parente; Felix e Picanço (2017) descrevem no artigo, que o objetivo da captura de informações das patologias dos pavimentos utilizando o sistema *VANT* não visa substituir as outras metodologias de coletas de informações e sim agregar novas informações por ser considerado um levantamento mais rápido quanto comparado aos demais além de possibilitar a coleta de informações em áreas de mais difícil acesso.

Como exemplo a FIGURA 22 demonstra uma imagem obtida através de um levantamento realizado com VANT. É possível observar através da imagem uma erosão de bordo severo na rodovia o que pode ser facilmente visualizado. Porém, como dificuldade encontrada para a realização da coleta de imagens com a utilização desta ferramenta é a instabilidade que pode ocorrer durante o vôo devido a presença de ventos o que pode ocasionar imprecisões nos pós processamentos das informações (PARENTE; FELIX e PICANÇO, 2017).

FIGURA 22: IMAGEM LEVANTADA COM O USO DO VANT



FONTE: (PARENTE; FELIX E PIKANÇO, 2017).

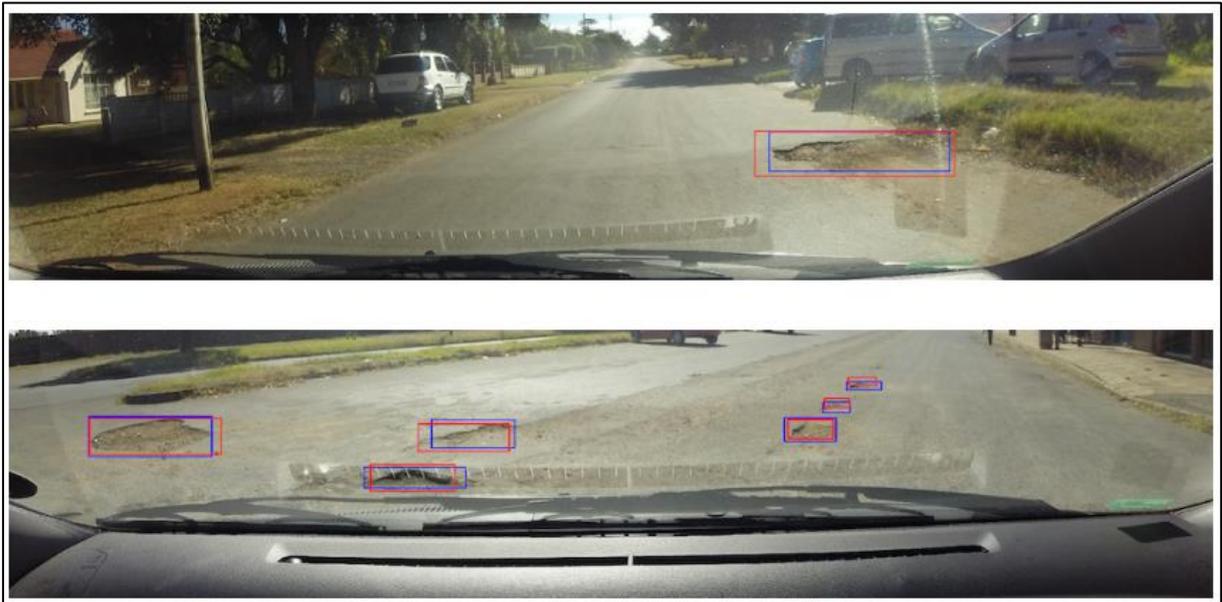
Segundo Resende; Bernucci e Quintanilha (2014), a disponibilidade de verificar a condição superficial do pavimento utilizando imagens hiperespectrais obtidas por meio de veículos aéreos não tripulados estão disponíveis para uso tanto comercialmente quanto para pesquisas científicas.

Diante da qualidade que essas imagens possuem há a possibilidade através dos índices calculados de avaliar a condição superficial de um pavimento. Com a visualização da imagem é possível o cálculo de um índice de ocorrência de defeitos que é realizado a partir da divisão entre a área de defeito contida na imagem sobre a área total de asfalto que possuía na mesma (RESENDE; BERNUCCI e QUINTANILHA, 2014).

De acordo com Naddaf-Sh et al. (2019), um levantamento auxiliar por métodos computacionais ajuda a minimizar os erros humanos ao analisar, identificar e a definir ações a serem adotadas em um pavimento, com isso é possível mapear as trincas, buracos e demais elementos presentes na superfície de um pavimento e então criar um banco de dados. Em seus estudos foi utilizado um mapeamento através do método de redes neurais o qual busca padrões nas imagens a fim de detectar as anomalias presentes na pista.

A FIGURA 23 apresenta um exemplo do resultado da detecção de buracos existentes na pista através do algoritmo de detecção do objeto através do uso de redes neurais, onde é possível observar que após vários treinamentos no sistema é possível a captura e levantamentos das patologias de maneira automática através da inteligência artificial.

FIGURA 23: EXEMPLOS DO RESULTADO DA DETECÇÃO DE PATOLOGIAS COM O USO DE REDES NEURAIIS

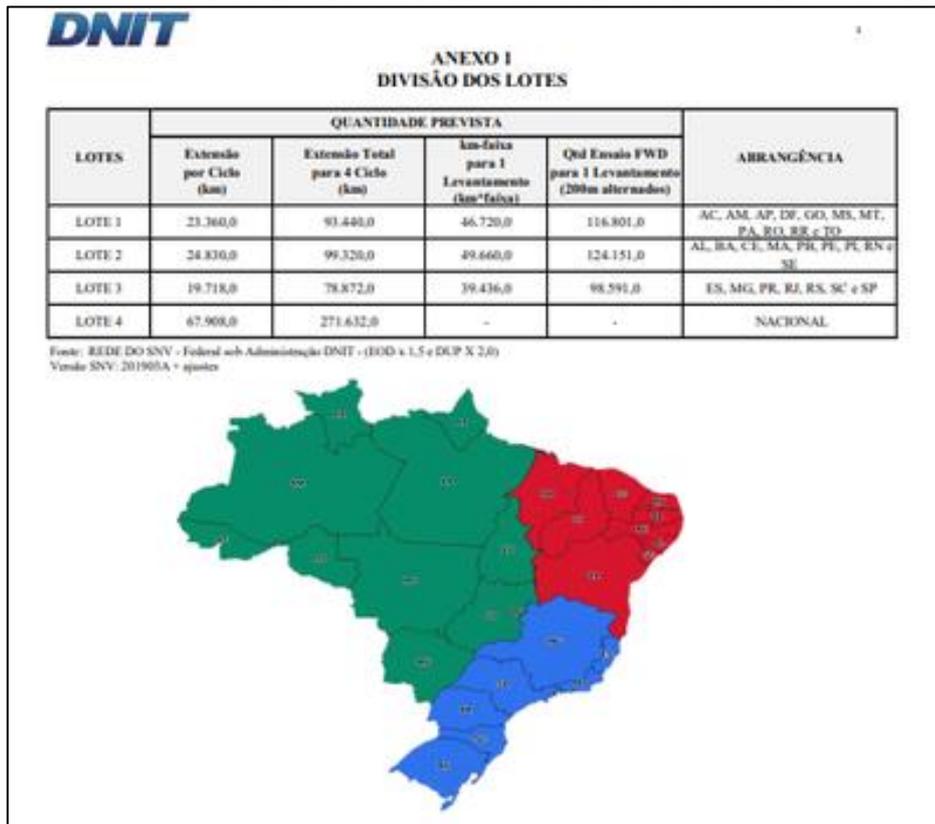


FONTE: (HOLLERWEGER, 2019).

2.7 PANORAMA DOS LEVANTAMENTOS RODOVIÁRIOS BRASILEIROS

Aproximados 55 mil quilômetros de rodovias federais sob a responsabilidade do DNIT foram realizados levantamentos com equipamentos especiais para saber a real condição da malha rodoviária federal. O levantamento foi dividido em 4 lotes (FIGURA 24) que compuseram tanto o levantamento em campo quanto em escritório, conforme imagens do mapa apresentado abaixo (ABTLP, 2020). Este levantamento realizado pelo DNIT atende às especificações da metodologia de nome “*International Road Assessment Programmet -IRAP*”, e tem como objetivo a elaboração de planos de investimentos.

FIGURA 24: DIVISÃO DOS LOTES PARA LEVANTAMENTO DAS RODOVIAS FEDERAIS



FONTE: ABTLP (2020).

O Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG) tem a previsão de iniciar o levantamento de aproximados 600 km de rodovias do estado através do levantamento realizados por meio do registro de imagens. O diagnóstico é totalmente realizado com equipamentos de última geração e de grande importância, pois a mais de 10 anos o órgão não realizava um levantamento semelhante além de servir como base para a reestruturação do Sistema de Gerência de Pavimentos. O contrato terá duração de 30 meses com um investimento de aproximadamente R\$ 12,6 milhões (DER-MG, 2022).

O Governo de Santa Catarina emprega desde o ano de 2015 um levantamento da condição das rodovias do estado que é realizado através da captura de vídeos da via, o qual é realizado com uma câmera acoplada a um veículo realizando o imageamentos da malha do estado. O software desenvolvido para pós processamento de nome “Stars” foi desenvolvido pelo Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina e com ele é classificado a malha em uma escala conforme critérios do órgão (OCP NEWS, 2021).

O Governo do Tocantins realizou os levantamentos de dados de toda a malha pavimentada do estado com um pouco mais de 5.800 quilômetros. A tecnologia utilizada para o levantamento da malha é a de nome “*iRAP*”, que captura imagens georreferenciadas em 360 graus o qual realiza a avaliação e classificação de risco das rodovias estaduais. Após esta primeira etapa de levantamento é preciso realizar o processamento de dados para a determinação da condição da malha rodoviária (GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS, 2021).

2.8 PROGRAMA ESTADUAL DE RECUPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS PAVIMENTADAS DO ESTADO DO PARANÁ – PERC

O programa realizado pelo DER/PR de nome PERC é um modelo implementado para o gerenciamento da conservação das rodovias do estado calculados através da implantação da metodologia SAM. Fazem parte do PERC os subprogramas: COP – conservação de pavimentos e CREMEP – conservação e recuperação descontínua com melhoria do estado do pavimento.

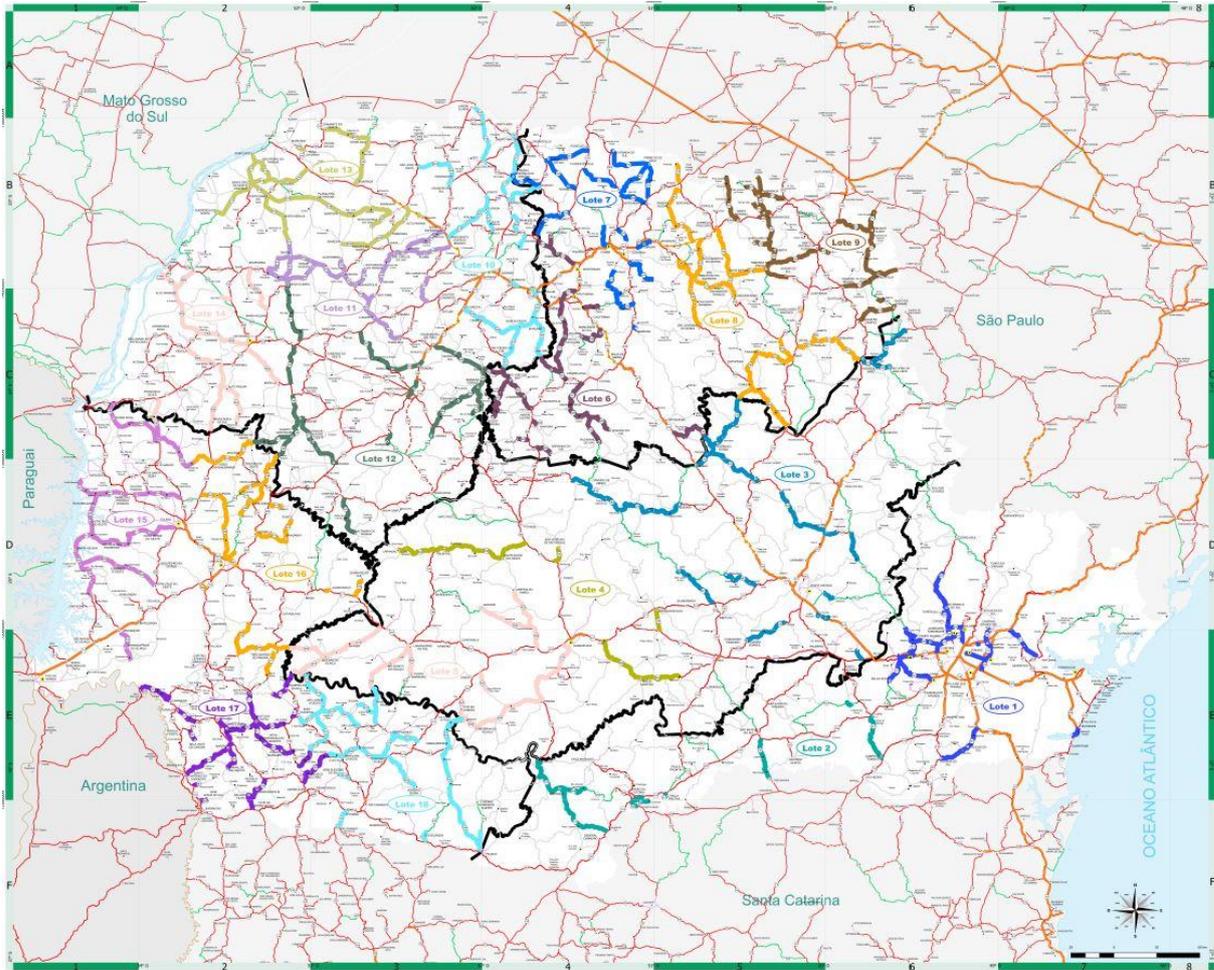
2.8.1 Subprograma de Conservação de Pavimentos (COP)

O subprograma COP tem o objetivo de realizar intervenções na malha rodoviária com reparos localizados e a aplicação de revestimentos em segmentos descontínuos de faixa (TEIXEIRA et al., 2015).

O Paraná hoje da extensão total de aproximadamente 10 mil quilômetros de rodovias pavimentadas, 6 mil estão contemplados no subprograma COP. Este subprograma recebeu um investimento previsto de cerca de 80,2 milhões de reais com duração de 3 anos (a partir de 2018), para atendimento da totalidade de sua extensão (AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO PARANÁ, 2019).

O estado está dividido em 18 lotes contemplados no subprograma COP sendo 2 lotes localizados na região leste, 3 lotes na região de campos gerais, 4 lotes na região norte, 5 lotes na região noroeste e 4 lotes na região oeste do estado, conforme apresentado por diferentes cores na FIGURA 25.

FIGURA 25: MAPA REPRESENTATIVO DOS LOTES DO SUBPROGRAMA COP



FONTE: DER/PR (2020).

2.8.2 Subprograma de conservação e recuperação descontínua com melhoria do estado do pavimento (CREMEP)

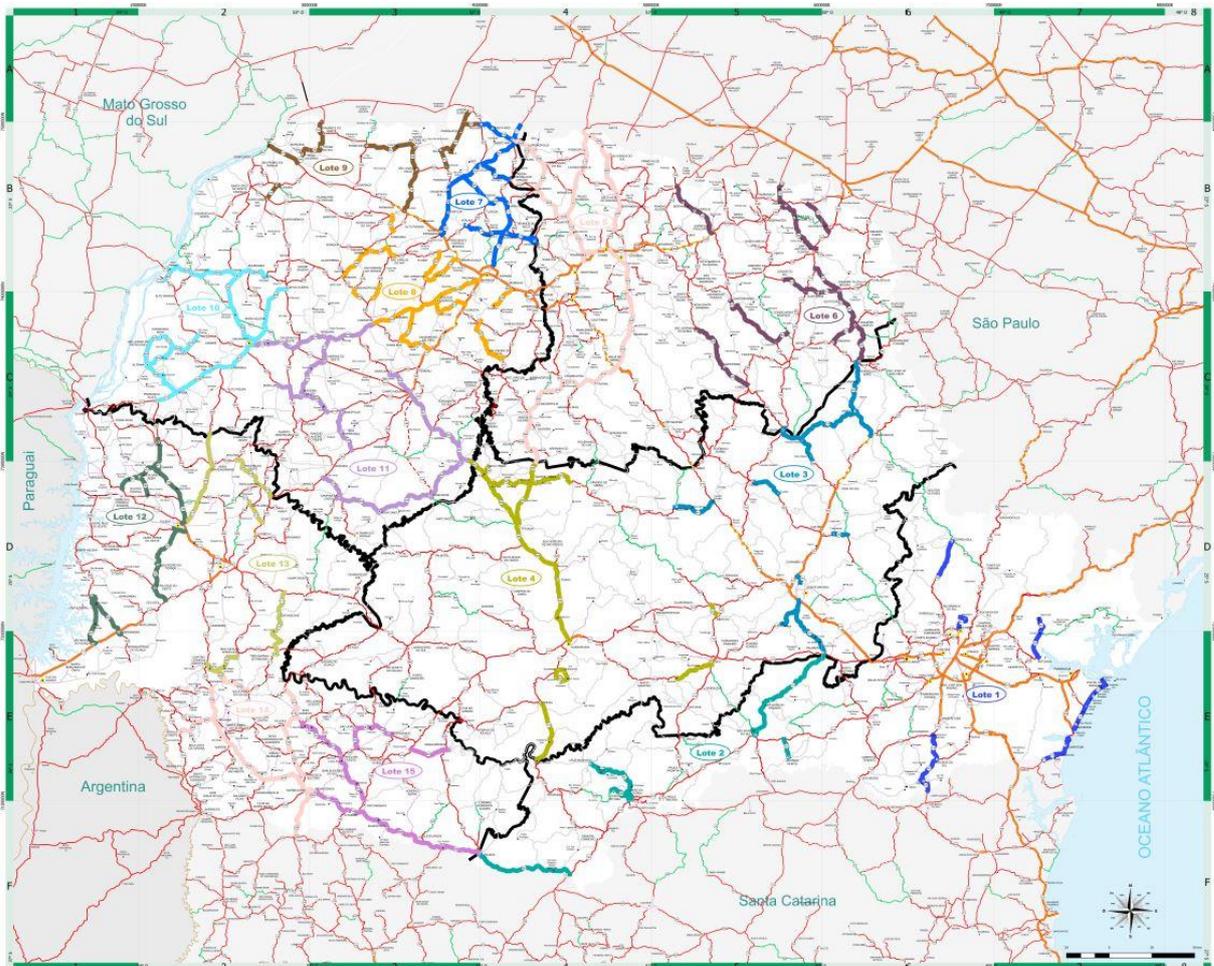
Da mesma forma que o COP, o subprograma CREMEP é calculado através da metodologia SAM e realiza-se intervenções na malha com reparos superficiais e profundos também aplicado em segmentos descontínuos, oferecendo soluções para a conservação da malha, com o objetivo de elevar a condição do pavimento para um estado de conservação bom ou muito bom (TEIXEIRA et al., 2015).

O estado do Paraná está contemplado com aproximadamente 4 mil quilômetros de rodovias no subprograma CREMEP, englobando os grandes corredores de transportes regionais que possuem um elevado volume de tráfego necessitando então de intervenções mais complexas para melhorar o estado do pavimento. Este subprograma recebeu um valor previsto de cerca de 194,1 milhões

de reais com duração de 3 anos (a partir de 2018) para atendimento da totalidade de sua extensão (AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO PARANÁ, 2019).

O estado está dividido em 15 lotes contemplados no subprograma CREMEP sendo 2 lotes localizados na região leste, 2 lotes na região de campos gerais, 2 lotes na região norte, 5 lotes na região noroeste e 4 lotes na região oeste do estado, conforme apresentado por diferentes cores na FIGURA 26.

FIGURA 26: MAPA REPRESENTATIVO DOS LOTES DO SUBPROGRAMA CREMEP



FONTE: DER/PR (2020).

2.9 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – SIG

Os sistemas de informações geográficas são plataformas importantes para a gestão e organização de qualquer etapa de um projeto além de permitir a integração de dados georreferenciados. Um SIG pode ser definido como:

Sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual, integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas geográficas conhecido (GEOSENSE, 2020).

O desenvolvimento da cartografia aconteceu concomitante ao desenvolvimento da humanidade. Foram os gregos que desenvolveram os conceitos geométricos e os aplicaram nas medidas da terra e em sua representação, tornando os mapas de grande importância para análises. Com o decorrer dos anos e com a chegada da era tecnológica os computadores provocaram um grande impacto na cartografia pois com sua vinda a maneira como as representações cartográficas eram realizadas alterariam seus padrões envolvendo suas representações (NOGUEIRA, 2008).

Os primeiros sistemas de informações geográficas surgiram a partir de 1960 no Canadá para a criação de um inventário de recursos naturais, porém havia muita dificuldade de utilização desses recursos nos computadores da época, pois, além de ser algo muito caro, demandava de uma mão de obra mais especializada o que acabou ficando em desuso por alguns anos empresas (MONTEIRO; DAVIS e CÂMARA, 2001).

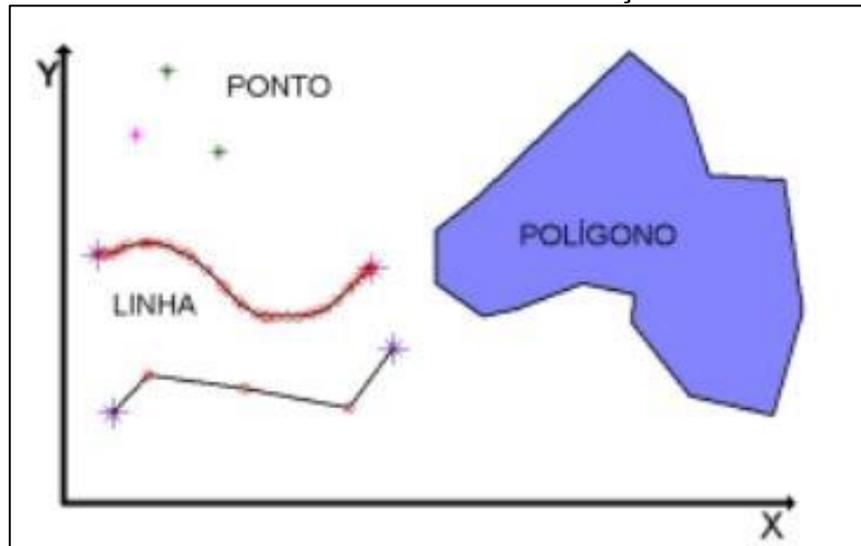
A partir de 1970 os computadores começaram a chegar de maneira mais acessível as empresas e com capacidades de armazenamento um pouco maior o que poderia tornar mais viável o desenvolvimento dos sistemas de informação geográfica - SIG, porém ainda era algo muito caro e que apenas grandes organizações tinham acesso de uso. Foi só a partir dos anos 80 com a evolução e menor custo de aquisição de computadores pessoais que ocorreu um grande crescimento na era SIG mundial. No Brasil, no ano de 1982 chegava o Dr. Roger Tomlinson criador do primeiro SIG brasileiro, gerando então o interesse de vários grupos a fim de implementar e desenvolver tal sistema em suas empresas (MONTEIRO; DAVIS e CÂMARA, 2001).

2.9.1 Representação de dados em um Sistema de Informação Geográfica

Para a representação de dados em um SIG as duas classes de representação geométrica utilizadas são a representação vetorial e matricial. Na representação vetorial são considerados três elementos gráficos:

- Pontos (compostos por coordenadas X e Y);
- Linhas (são um conjunto de pontos interligados) e;
- Polígono ou áreas que nada mais são que linhas conectadas entre si, conforme representado na FIGURA 27 (MEDEIROS e CÂMARA, 1998).

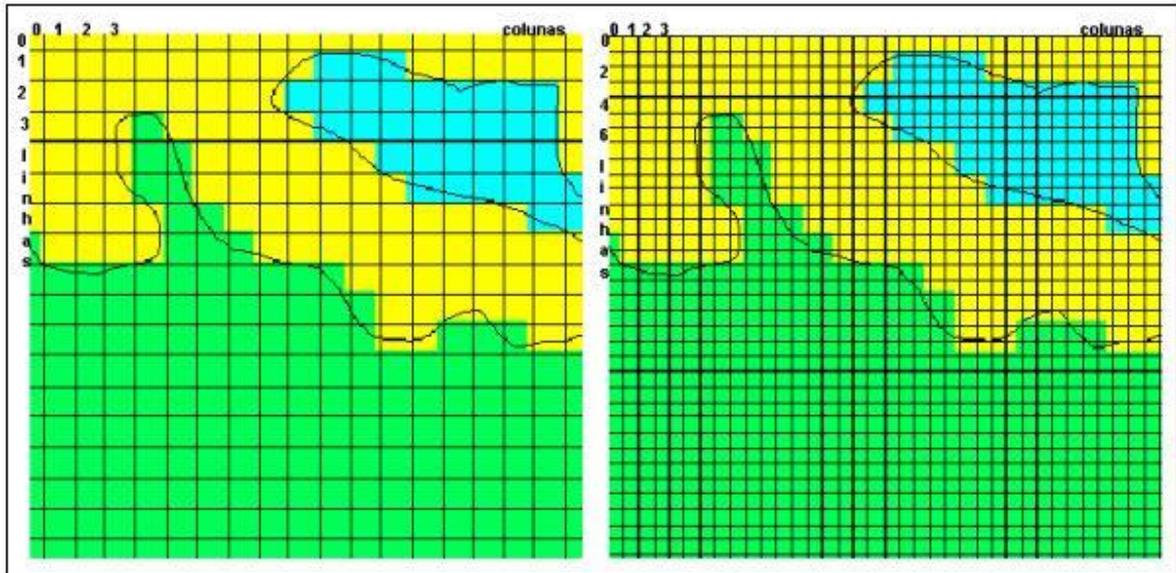
FIGURA 27: ELEMENTOS DE REPRESENTAÇÃO VETORIAL



FONTE: MONTEIRO; DAVIS e CÂMARA (2001).

Já na representação matricial, o espaço é representado através de uma matriz $M(x,y)$ onde x seriam as linhas e y as colunas respectivamente, onde cada coordenada x,y é uma célula que compõe uma porção do terreno. Cada célula pode ser representada por diferentes resoluções (tamanhos) conforme FIGURA 28. É possível analisar que um mesmo mapa pode ser representado em diferentes escalas - tamanhos (MONTEIRO; DAVIS e CÂMARA, 2001).

FIGURA 28: REPRESENTAÇÃO DE DADOS MATRICIAIS, ONDE A SEGUNDA IMAGEM POSSUI UMA MAIOR RESOLUÇÃO QUANDO COMPARADA COM A PRIMEIRA



FONTE: MONTEIRO; DAVIS e CÂMARA. (2001).

Além disso conforme Monteiro; Davis e Câmara (2001), dentro de um geoprocessamento são utilizados diferentes tipos de dados, sendo eles:

DADOS TEMÁTICOS: Dados temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa, como os mapas de pedologia e a aptidão agrícola de uma região;

DADOS CADASTRAIS: Um dado cadastral distingue-se de um temático, pois cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos (dono, localização, valor venal, IPTU devido etc.);

REDES: Em geoprocessamento, o conceito de "rede" denota as informações associadas a serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone, redes de drenagem (bacias hidrográficas) e rodovias;

MODELOS NUMÉRICOS DO TERRENO: Utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas;

IMAGENS: Obtidas por satélites, fotografias aéreas ou "scanners" aerotransportados, as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial (MONTEIRO; DAVIS e CÂMARA, 2001, p. 7-10).

2.9.2 Elementos de um Sistema de Informação Geográfica

Lochpe e Filho (1996), definem SIG como um sistema de hardware computacional, software e procedimentos de captura, gerenciamento, manipulação e

análise de dados para que seja possível um planejamento futuro para ações de gerenciamento.

Para as atividades de geoprocessamento são inúmeros softwares que possuem no mercado para utilização, entretanto, dividem-se em três diferentes tipos: CADs (softwares de representação gráfica-desenho), Desktop Mapping (software de manipulação de mapas e dados não muito utilizados) e por fim os SIGs (sistemas ou softwares que além da manipulação de mapas e dados possibilitam a análise e geração de bancos de dados). No mercado existem vários softwares SIG para utilização, dentre eles: ArcGIS, Bentley Map, GEOMEDIA, GRASS, gvSIG, Mapinfo, MapWindow, NETtool, QGis, SPRING, SAGA GIS, iSmart, TerraView, Transcad, VisualSIG entre diversos outros.

Dentre essa lista, o software QGis é considerado o principal e mais utilizado SIG *Desktop* gratuito. Ele permite a criação, edição, visualização e por fim, a análise das informações (PROCESSAMENTO DIGITAL, 2018).

2.9.3 Modelagem, estrutura e implantação dos dados geográficos

Na modelagem dos dados é realizado o desenvolvimento e definição do banco de dados que é incorporado no sistema. São inseridos os dados numéricos e os gráficos (pontos, linhas e polígonos) e, também é realizada a padronização de planilhas verificando suas inconsistências além da organização e padronização de dados (SCHMITZ, 2011).

2.9.4 Aplicações de um sistema SIG na conservação rodoviária

De acordo com Figueiredo e Pitz (2001), o SIG pode ser definido como “um sistema de informação baseado em computador que permite captar, modelar, manipular, recupera, consultar, analisar e apresentar soluções com dados geograficamente referenciados, dados esses que estão armazenados em um banco de dados”.

O SIG baseia-se em uma tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados, sendo capaz de gerar informações as quais são possíveis a obtenção de soluções rápidas e precisas facilitando o processo e a tomada de decisão em diversas áreas. Esse sistema pode ser subdividido em um banco de dados, o equipamento e

os operadores espaciais que seriam um conjunto de programas (softwares) para a execução e operação dos dados (SILVA, 1998).

De acordo com Lima et al. (2009), um dos proveitos do uso do SIG em relação à forma tradicional de análise da condição das rodovias é a possibilidade da tomada de decisão mais técnica e menos pessoal devido aos dados que serão analisados e contidos em um banco de informações multidisciplinar, além disso, o sistema facilita o processo pois é possível gerar inúmeros cruzamentos de dados e informações.

O SIG é considerado a melhor ferramenta para a solução de problemas de organização de dados. Diversos órgãos governamentais e empresas particulares utilizam o sistema para apoio em seus planejamentos, utilizando as ferramentas para o gerenciamento, banco de dados e o processamento deles. Os dados atualizados e precisos facilitam uma busca e consulta rápida possibilitando um maior controle e otimização dos recursos (SANTOS, 2004).

Dentro de um sistema SIG é possível obter recursos especiais para o gerenciamento de rodovias devido a forma que os dados geográficos são armazenados e posteriormente acessados, pois é possível armazenar um alto volume de informações relacionados as rodovias o que oferece uma praticidade e eficiência dos planejadores. Diante disso, o sistema tem cada dia mais tornando-se ferramenta essencial na engenharia de transportes o que acabou evoluindo para uma nova sigla de referência chamada GIS-T, onde o "T" significa a palavra transporte (BHANDARY; YATABE e PANTHA, 2010).

Bhandary; Yatabe e Pantha (2010), desenvolveram um modelo de priorização de conservação/manutenção de rodovias utilizando um sistema SIG de informação, o qual assimilou a condição estrutural de um pavimento e a possível ruptura de um talude. Com os dados inseridos no sistema, foi possível a criação de um mapa com o inventário da condição do pavimento e outro das possíveis falhas de um talude para finalmente ser possível o desenvolvimento de uma priorização de manutenção.

De acordo com Bussell; Khwaja e Brien (2017) descrevem no artigo, que o Departamento de Transporte do Texas – TxDOT não possuía um sistema integrado de gestão para a manutenção de suas rodovias. Desenvolveu-se então em seu estudo um SIG para a integração e visualização dos dados que se encontravam de formas individuais e sem integração, podendo então ser possível uma análise final com vários sistemas de informações conectados em uma única plataforma.

O processamento dessas informações ocorreu em duas etapas, a primeira foi o processamento desses dados fazendo-se uma limpeza geral de planilhas, classificação e validação e a segunda etapa foi o geoprocessamento o qual foi tratado esses dados por meio de um software.

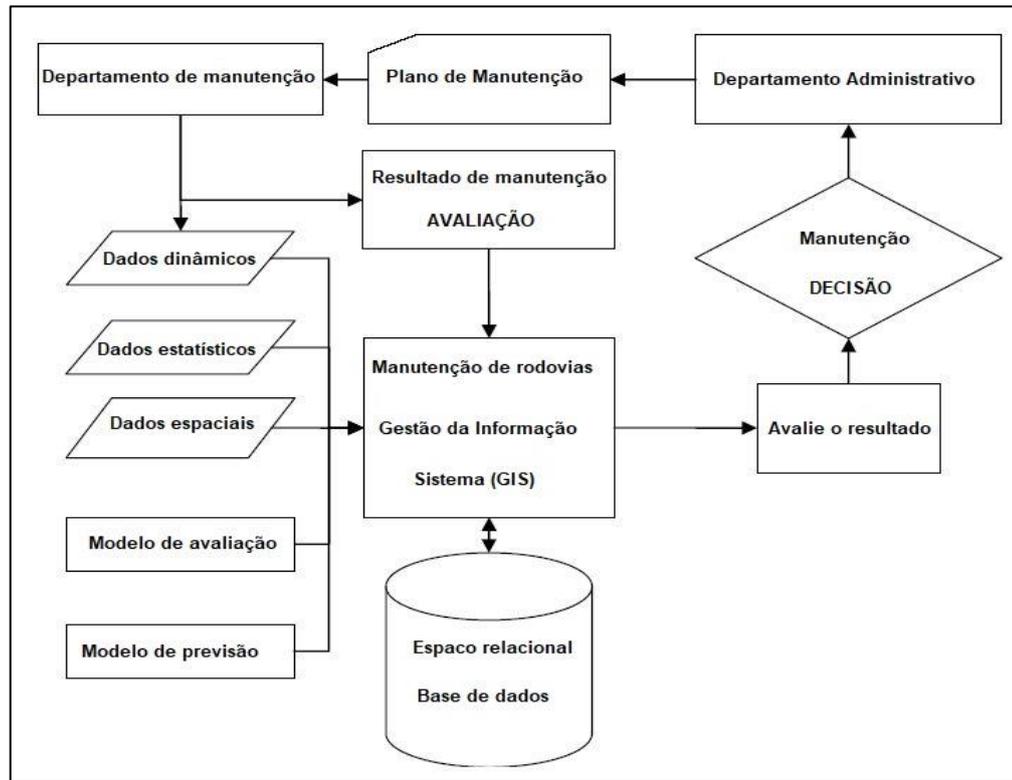
Com o sistema SIG finalizado foi possível por meio da visualização das informações e de mapas que foram desenvolvidos, realizar um melhor processo de tomada de decisão para o planejamento e manutenção das rodovias. Com a capacidade de integração de dados foi possível a execução de consultas mais rápidas e a verificação de conflitos os quais eram de difícil visualização apenas em uma simples planilha (BUSSELL; KHWAJA e BRIEN, 2017).

O Departamento de Transportes do Estado de Washington – WSDOT desenvolveu um sistema integrado de informações que associava dados das condições dos pavimentos, dados de tráfego, planejamentos de preservação e dos projetos a serem desenvolvidos e/ou em andamento. Esse sistema foi elaborado para uma priorização de investimentos e projetos de preservação e melhorias das rodovias e para a necessidade de inspeção e levantamento de rotinas nos pavimentos (RYDHOLM e LUHR, 2015).

O avanço do sistema SIG é tão grande que se tornou um sistema de gerenciamento indispensável para a manutenção das rodovias. De acordo com Dong-po e Li (2012), os objetivos gerais de um sistema de informação geográfico para a manutenção de rodovias é o estabelecimento de níveis de gestão com a utilização da plataforma, possibilidade de as informações serem concebidas em forma visual (mapas), as quais podem ser possíveis sempre de ser atualizadas, além de criar um banco de dados integrado por meio de processamento de dados.

De acordo com Dong-po e Li (2012), um sistema SIG para a gestão de manutenção e conservação de rodovias deve seguir a seguinte estrutura geral apresentada na FIGURA 29.

FIGURA 29: SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES DE MANUTENÇÃO DE RODOVIAS



FONTE: Adaptado DONG-PO e LI (2012).

Neste modelo de sistema integrado de gerenciamento de informações para a manutenção de rodovias foram armazenados os seguintes bancos de dados:

- a) Banco de dados dinâmicos: Dados que são alterados dinamicamente que devem ser atualizados com uma determinada frequência, é o caso da condição superficial do pavimento.
- b) Banco de dados estatísticos: Dados armazenados sem regular atualização, tais como a estrutura do pavimento, tráfego do trecho, codificação da rota e demais dados do departamento necessários para a manutenção.
- c) Banco de dados Espaciais: Dados que são representados por meio da sua localização em uma determinada região geográfica, que tem como base as suas coordenadas de latitude e longitude.
- d) Banco de dados de desgastes que o pavimento possui: dados que estabelecem o quanto de conservação deve ser executado em um determinado trecho para que ele atinja uma condição adequada.

- e) Banco de dados de indicadores de avaliação: Deve ser estabelecido um critério de manutenção de acordo com os valores de notas de avaliação das rodovias (DONG-PO e LI, 2012).

É possível também haver a interligação do banco de dados do SIG com outros programas/sistemas externos. De acordo com Gao; Feng e Zhang (2011), em seu estudo foi analisado o processamento de dados para a manutenção de rodovias baseado no sistema SIG combinado com o sistema de nome HDM-4 (ferramenta utilizada para apoio de decisões para a gestão de pavimentos apoiado pelo Banco Mundial).

O objetivo do estudo realizado era a construção de um sistema de decisão através de uma matriz de decisão vinculando esses dois sistemas. Foi realizado todo o processamento dos dados necessários no sistema SIG tais como o volume de tráfego, nível de trafegabilidade da rodovia, tipo da rodovia dentre outros e salvo em um formato permitido a ser importado no HDM-4 e nesse sistema que foi realizado a análise de otimização de investimentos para a manutenção das rodovias (GAO; FENG E ZHANG, 2011).

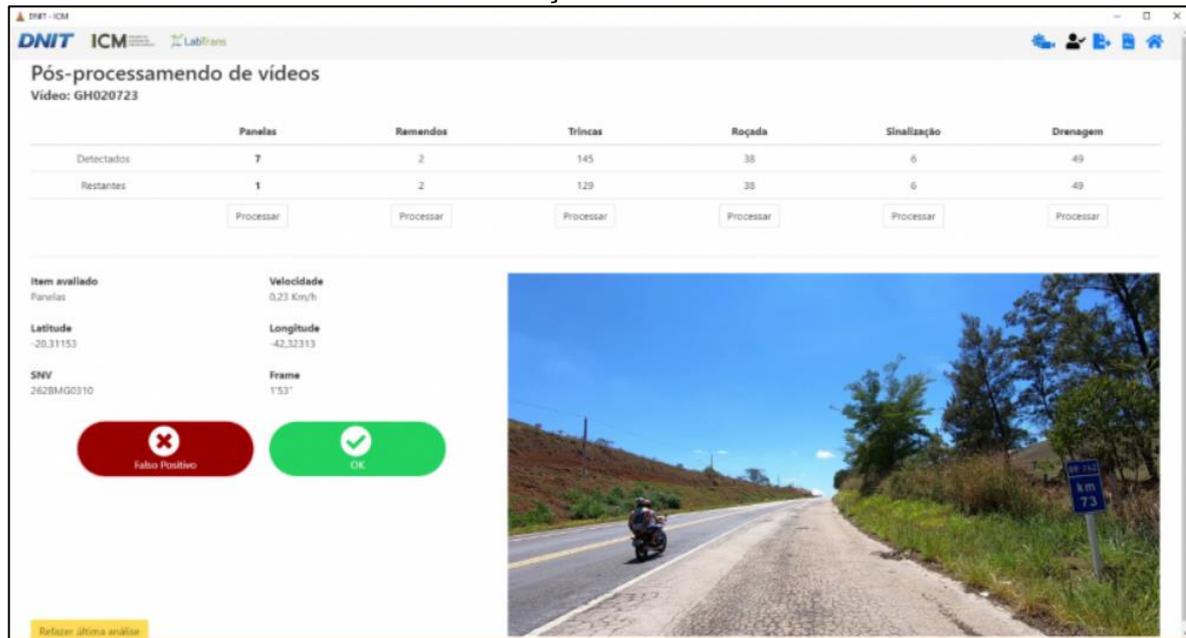
O modelo HDM-4 é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão quanto a gestão da conservação rodoviária, desde o seu planejamento, definição das atividades e a sua aplicação econômica. O modelo resultou dos estudos coordenados pelo Banco Mundial a fim de alcançar a realização de análises adequadas e confiáveis critérios de decisão quanto as tomadas de decisão.

2.9.5 Aplicações de um sistema SIG na conservação rodoviária Brasileira

O DNIT avalia a condição da malha rodoviária sob sua responsabilidade periodicamente e, para isso, utiliza como método para o levantamento de informações o uso de imagens/vídeos georreferenciadas que são capturados em campo.

Para o auxílio deste levantamento, o laboratório de Transporte e Logística – LabTrans desenvolveu um sistema para a visualização das imagens/ vídeos o qual, além da visualização, é possível a detecção das patologias na pista de forma automatizada através de técnicas de visão computacional e redes neurais. A FIGURA 30 demonstra a visualização das imagens das rodovias dentro do SIG desenvolvido.

FIGURA 30: SIG DESENVOLVIDO PELA LABTRANS PARA AUXÍLIO NO PROCESSAMENTO DE DADOS DO LEVANTAMENTO DA CONDIÇÃO DOS PAVIMENTOS REALIZADO PELO DNIT



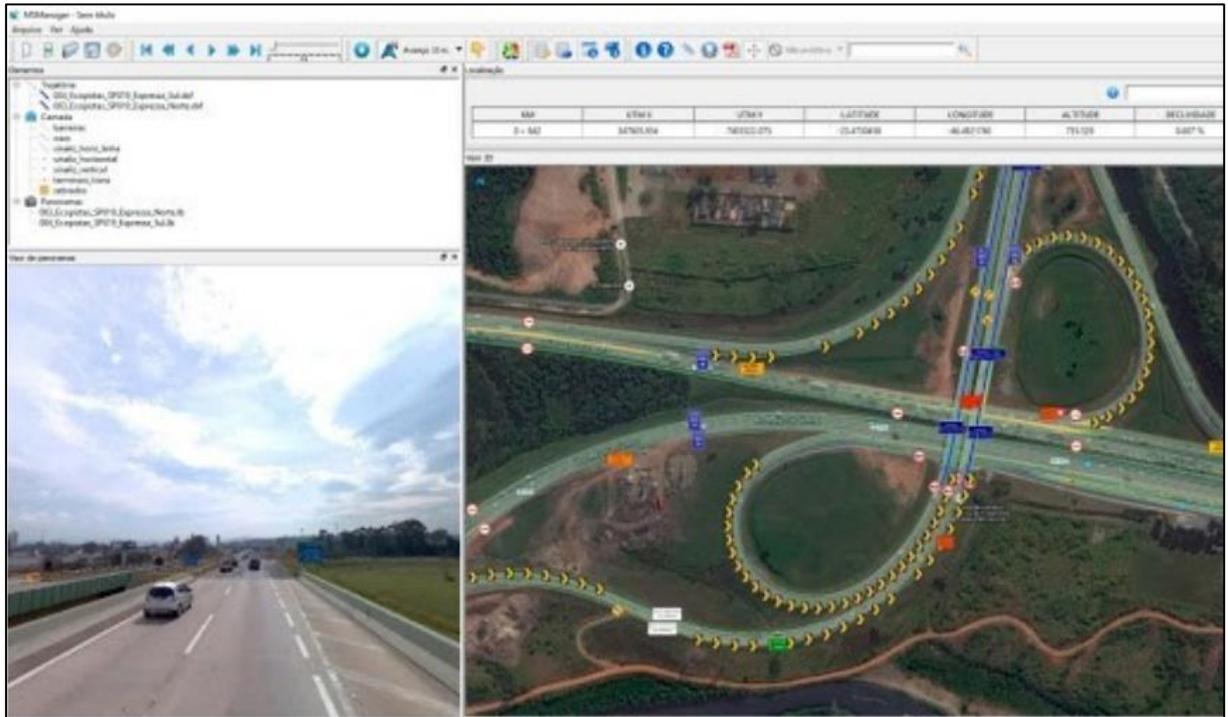
FONTE: LabTrans (2021).

Para subsídio na elaboração de um inventário, uma concessionária do Rio de Janeiro contratou uma empresa especializada para a elaboração de um SIG para o cadastramento das vias e, também, demais elementos de infraestrutura. O sistema foi desenvolvido para compor todo o levantamento cartográfico, imageamento e atualização do banco de dados (ENGEFOTO, 2021).

Como ferramenta de auxílio, a empresa Dynatest que atua em diversas rodovias concessionadas do país e, também, diretamente em departamentos de outros estados, desenvolveu o software de nome “*Multisensor Manager* “. O sistema é baseado em SIG o qual possibilita cruzamento entre mapas, imagens e dados para uma melhor tomada de decisão dos órgãos envolvidos (DYNATEST, 2020).

Com o auxílio do software e dos levantamentos realizados em campo é possível, de acordo com Dynatest (2020), “desenvolver uma solução SIG por meio de softwares especializados que possuem a capacidade de fazer cruzamentos entre mapas, imagens e dados tabulares.” A FIGURA 31 demonstra como é a visualização do sistema SIG desenvolvido.

FIGURA 31: SISTEMA SIG “MULTISENSOR MANAGER” UTILIZADO PARA VISUALIZAÇÃO E AUXÍLIO PARA A TOMADA DE DECISÃO DOS LEVANTAMENTOS DAS RODOVIAS



FONTE: Dynatest (2020).

3 MATERIAIS E MÉTODO

Neste capítulo serão apresentados os materiais que foram utilizados e a metodologia aplicada para o levantamento das imagens georreferenciadas em campo e para a realização das demais programações.

3.1 MATERIAIS

Os materiais que foram utilizados no presente trabalho estão listados abaixo. Tais materiais foram adquiridos tanto pelo DER/PR como pela autora do trabalho e estão representados na FIGURA 32.

Os dados primários foram obtidos em campo com o auxílio dos equipamentos aqui listados e os dados secundários vieram de fontes do banco de dados do órgão (DER/PR).

- a) Câmera fotográfica digital para captura de imagens;
- b) Baterias extras para câmera;
- c) Carregador para bateria extra;
- d) Ventosa para câmera ser adaptada ao carro;
- e) Cartões de memória para câmera;
- f) Carregador veicular;
- g) Carregador portátil;
- h) Caixa estanque para câmera fotográfica;
- i) Tablet para conexão com a câmera;
- j) HD externo para armazenamento das imagens;
- k) GPS para captura de pontos auxiliares;
- l) Notebook;
- m) Carro para levantamento;
- n) Software livre QGis (software de Sistema de Informação Geográfica – SIG, que permite a visualização, criação, edição e análise dos dados georreferenciados);
- o) Pacote Office para uso de Excel, Word e Power Point.

FIGURA 32: MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA O LEVANTAMENTO DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS



Fonte: A autora (2022).

3.2 MÉTODO

A primeira etapa foi a realização de um estudo acerca das funcionalidades de um SIG que é o ambiente onde foram integradas as imagens e informações georreferenciadas. Nesta etapa foi estudado a compilação de dados, como foram adicionadas as imagens obtidas ao SIG, busca de elementos e das características das rodovias em estudo e demais elementos necessários para se adicionar ao sistema a fim de trazer uma melhor visualização do produto.

Além disso, consistiu nessa primeira etapa, o estudo da metodologia de cálculo aplicada pelo DER/PR (SAM) para quantificar o valor a ser investido na conservação de um pavimento. Tal estudo foi necessário para a manipulação e processamento de dados.

Nessa mesma etapa, foi realizada a compra dos equipamentos necessários para o levantamento em campo para a obtenção das imagens, tais como câmera digital, tablet, baterias e outros acessórios.

Foram definidas três diferentes rodovias com características de solo e níveis de condições de pavimento diferentes que serão apresentadas e mais detalhadas no estudo de caso.

A terceira etapa consistiu em ir ao campo para a captura das imagens das rodovias selecionadas. O levantamento foi realizado por meio da captura de imagens georreferenciadas com o auxílio de uma câmera digital. A câmera foi adaptada ao

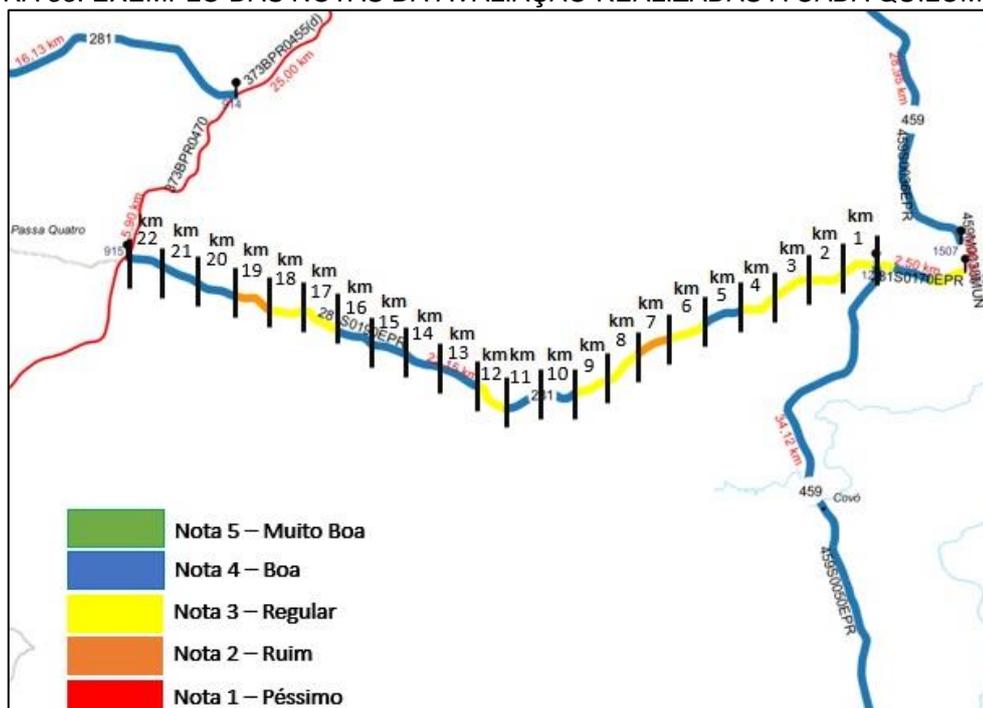
capô do veículo para a realização do imageamento com um intervalo de captura de um segundo com o veículo com a velocidade média de 70 km/h a fim de levantar imagens com equidistância de aproximadamente vinte metros entre elas.

Tais imagens após serem obtidas com suas coordenadas foram lançadas em um mapa georreferenciado e processadas com o traçado da rodovia e com isso foi possível visualizar o pavimento por um sistema de auxílio a fim de documentar o levantamento e eximir erros e dúvidas da avaliação visual. Foi necessário também a utilização auxiliar dentro do veículo de um GPS de navegação para obtenção das coordenadas que serviu de apoio caso o sinal de conexão do GPS da câmera seja perdido.

Concomitante a essa etapa um técnico do DER/PR realizou a avaliação do pavimento que é embasada na metodologia SAM. De dentro do veículo foi realizada a identificação visual de fissuras, buracos, trincas, afundamentos de bordo e demais desgastes. As notas variam em uma escala de 1 a 5, onde 5 é um nível muito bom de pavimento e 1 corresponde a um nível péssimo de conservação (TEIXEIRA et al., 2015).

A FIGURA 33 demonstra como é realizada as notas na rodovia e suas respectivas cores de atribuição.

FIGURA 33: EXEMPLO DAS NOTAS DA AVALIAÇÃO REALIZADAS A CADA QUILOMÉTRO



Fonte: A autora (2022).

A quarta etapa consistiu em baixar, organizar e inserir dentro do SIG as imagens obtidas no levantamento no escritório para a validação e integração delas com a utilização do software de nome QGis. Nessa etapa foi observada se todas as imagens estão com as suas respectivas coordenadas, se não houve erros e se é possível a correções caso tenha. Caso alguma imagem tenha perdido conexão com o sinal de GPS foi necessário a manipulação de dados com os pontos obtidos pelo GPS de navegação.

A quinta etapa foi realizada a validação das notas obtidas pelo avaliador em campo com o auxílio das imagens georreferenciadas. Em escritório, um segundo técnico do DER auxiliou através das imagens, a análise da nota atribuída validando-a ou então realizando a correção dela.

A sexta etapa consistiu na confecção dentro do SIG de um banco de dados com as características das rodovias em estudo, tais como o tipo de pavimento que ela possui, o volume diário médio de veículos que passam por ela, a nota obtida com base na avaliação visual dentre outros. Tais dados foram necessários para o cálculo da metodologia SAM.

Na sétima etapa foi realizado o processamento dos dados atribuídos aos trechos. Nesta etapa realizou-se a programação dentro do SIG com base na metodologia SAM para a quantificação do valor de custo da conservação dos trechos em estudo.

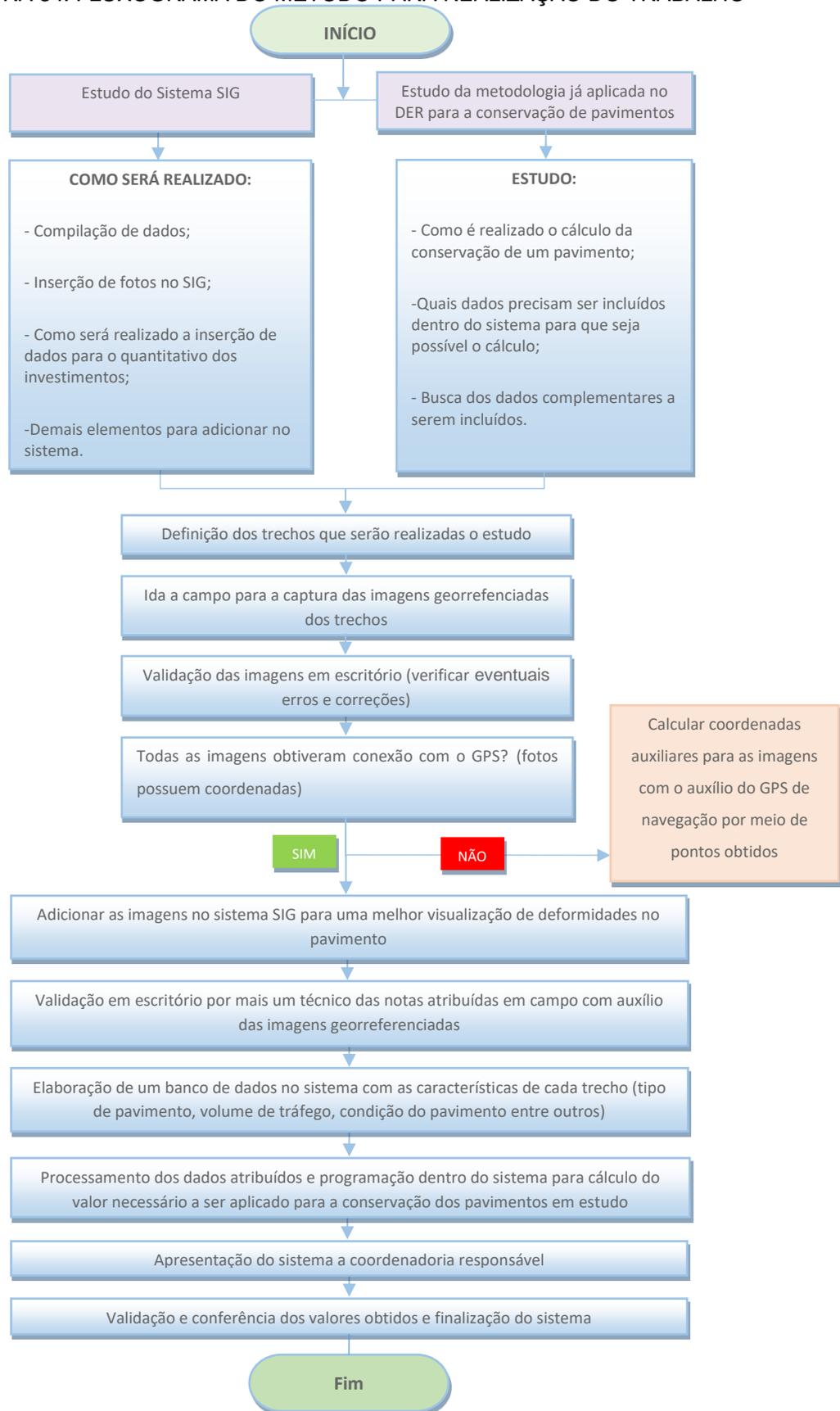
A oitava etapa consistiu na conferência dos valores obtidos e das informações levantadas através das imagens georreferenciadas.

A nona e última etapa foi a apresentação do sistema SIG para a coordenadoria responsável pela manutenção das rodovias no estado para corroborar com a avaliação realizada pelo único profissional utilizando o sistema então como apoio para a avaliação visual.

Embora o trabalho seja para o DER, a aquisição de parte dos materiais e o desenvolvimento da metodologia foi realizada pela autora e teve o apoio do DER com equipe de suporte nos levantamentos de campo.

A FIGURA 34 representa em forma de fluxograma como será o método aplicado para a realização do estudo.

FIGURA 34: FLUXOGRAMA DO MÉTODO PARA REALIZAÇÃO DO TRABALHO



Fonte: A autora (2022).

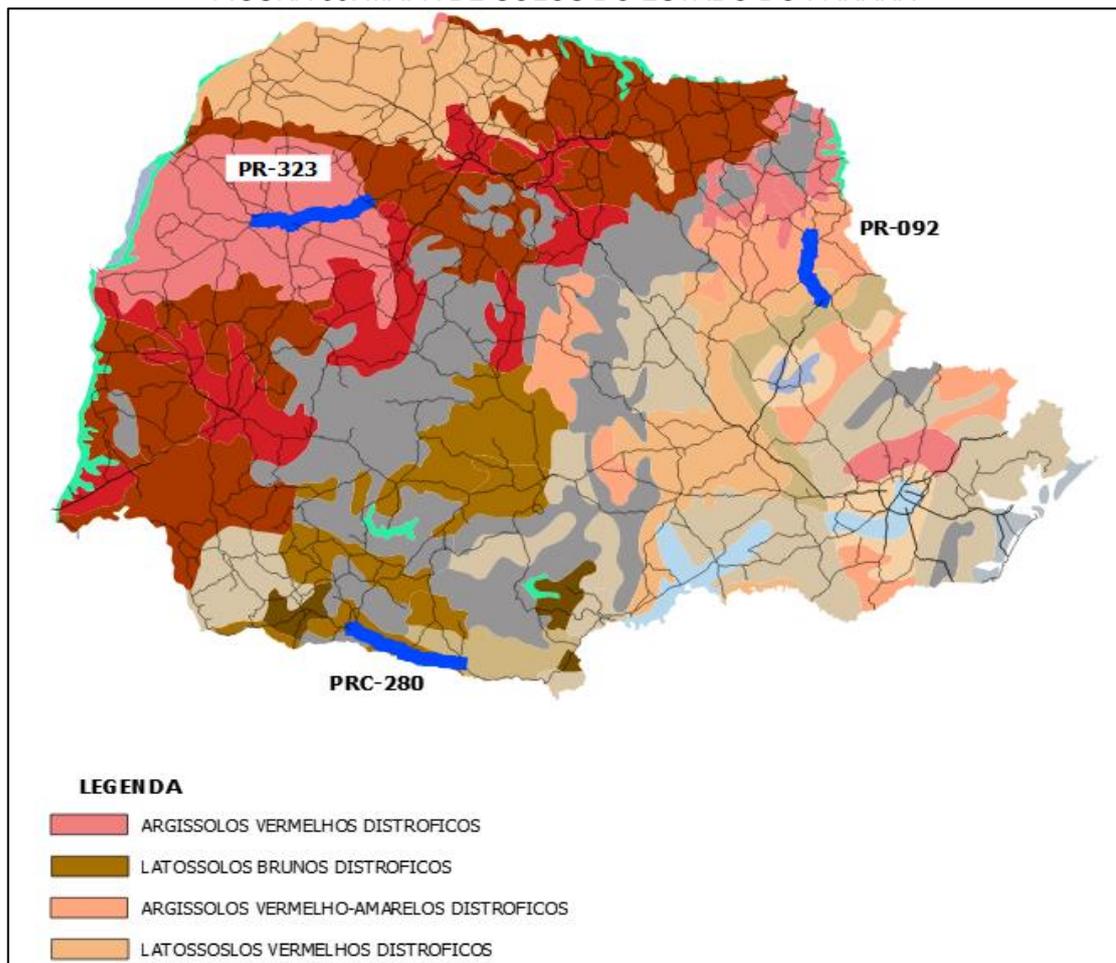
4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentada a realização do levantamento através das imagens georreferenciadas em campo do pavimento, a inserção destas imagens dentro do software QGis e a programação dentro do software para um valor estimado para a conservação do pavimento dos trechos estudados.

4.1 TRECHOS ESCOLHIDOS PARA O LEVANTAMENTO

Os trechos escolhidos para a realização desse levantamento pertencem a três diferentes regiões geográficas do estado do Paraná e possuem tipos de solos diferentes (FIGURA 35) e, devido a isso, a patologia causada na superfície do pavimento ocorre de forma diferente nas três regiões. Com isso, foi possível realizar uma análise superficial do pavimento com três condições dessemelhantes.

FIGURA 35: MAPA DE SOLOS DO ESTADO DO PARANÁ

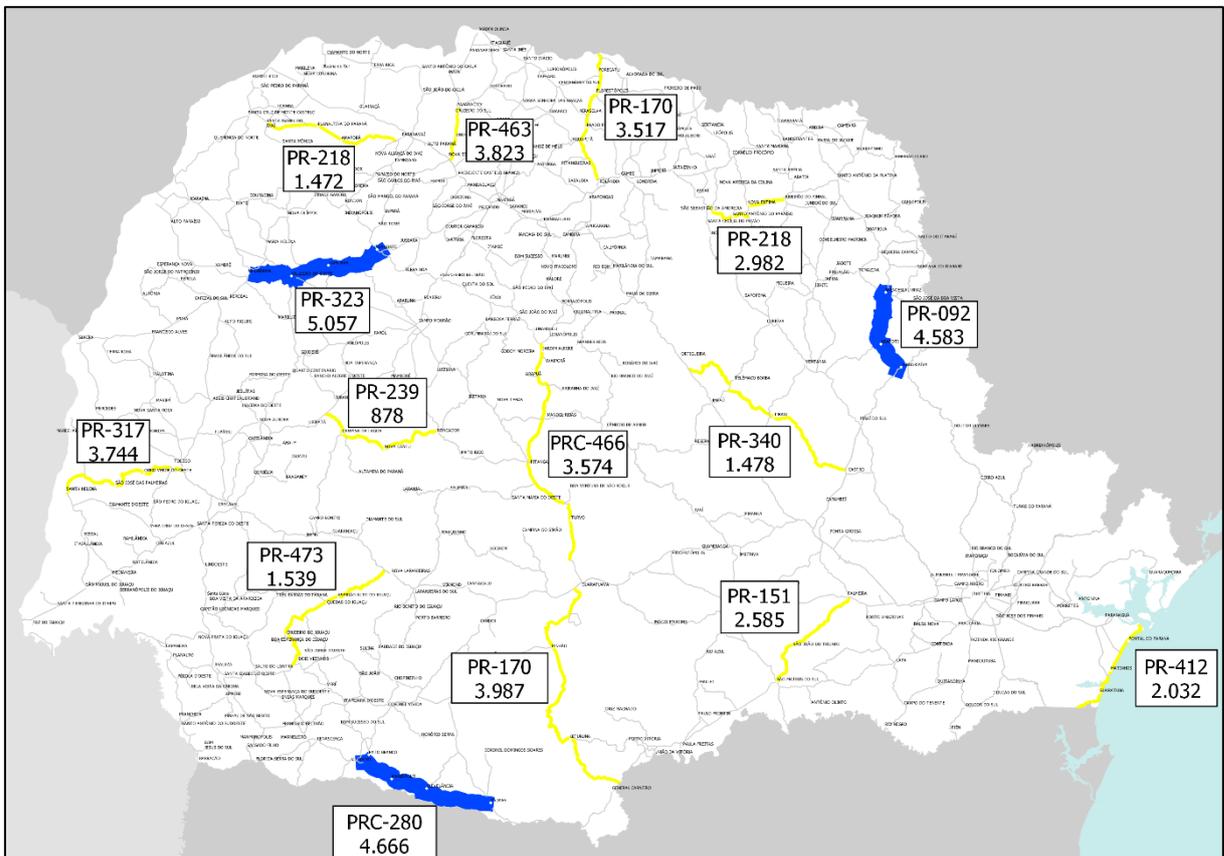


Fonte: Adaptado do GEOINFO (2021).

Além disso, os três trechos possuem um alto volume de tráfego por serem corredores de acesso entre grandes cidades do estado (ANEXO V), e com isso, aumenta a probabilidade de ocorrer condições extremas de patologias do pavimento, sendo possível então, uma análise melhor do resultado do levantamento.

A FIGURA 36 apresenta o volume de tráfego de algumas rodovias aleatórias do estado, onde é possível observar a quantidade de veículos que trafegam por elas e, também, verificar que os três trechos em estudo apresentam um volume médio de veículos superior do que as demais, entre 4.503 a 5.057 veículos por dia.

FIGURA 36: MAPA RESUMIDO DO VOLUME MÉDIO DE TRÁFEGO DIÁRIO DO ESTADO DO PARANÁ



Fonte: Adaptado do DER/PR (2022).

4.1.1 Descrição do primeiro trecho de levantamento – rodovia PRC-280

O primeiro trecho do estudo é a rodovia que liga a cidade de Palmas a Pato Branco nomeada por PRC-280. O segmento possui aproximadamente 81 quilômetros de extensão sendo que ele é dividido em 6 códigos do Sistema Rodoviário Estadual

conforme detalhado no (ANEXO 1) e apresentado de forma resumida no quadro abaixo.

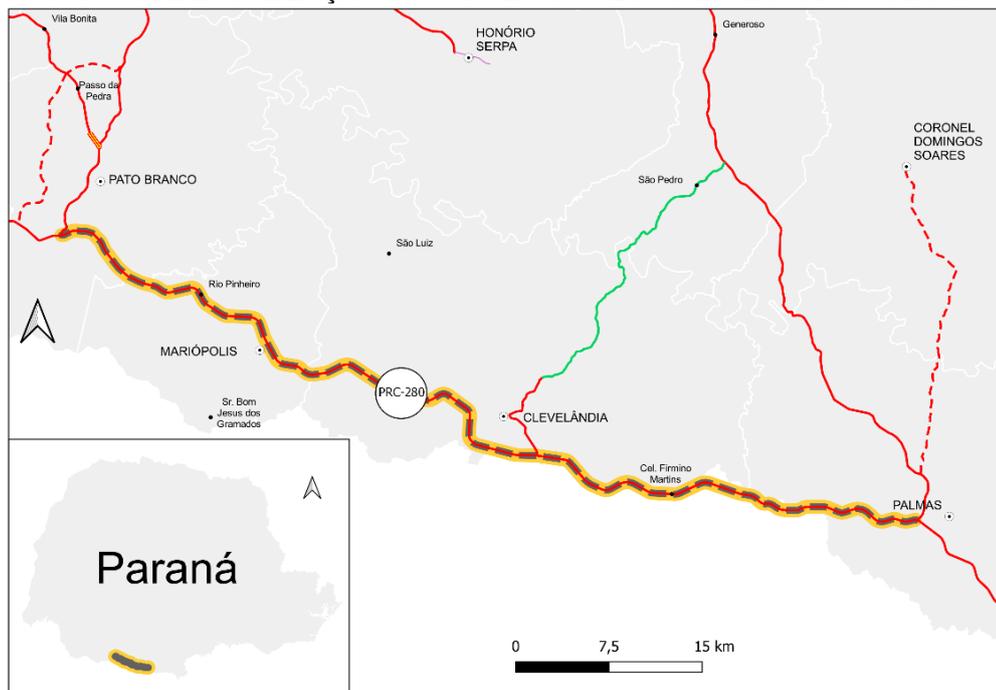
QUADRO 1: DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS CÓDIGOS DOS SUBTRECHOS DA RODOVIA PRC-280 SEGUNDO O SRE DO ESTADO DO PARANÁ

RODOVIA PRC-280	Códigos do SRE
1	280S0100PRC
2	280S0110PRC
3	280S0120PRC
4	280S0130PRC
5	280S0150PRC
6	280S0170PRC

FONTE: GOVERNO DO PARANÁ (2018).

O trecho está localizado na região sudoeste do estado do Paraná (FIGURA 37), sendo a principal rodovia de ligação entre a região oeste e sudoeste do estado até a capital Curitiba. Além de ser uma rodovia de extrema importância para o escoamento da produção agrícola, é também utilizada diariamente para a indústria madeireira e de celulose, e devido a isso, possui um grande volume de tráfego (AEN, 2020).

FIGURA 37: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PRIMEIRO TRECHO EM ESTUDO-RODOVIA PRC-280



FONTE: Adaptado do DER-PARANÁ (2022).

Para o levantamento desse trecho foi necessário o deslocamento de aproximadamente 380 quilômetros (distância média entre Curitiba – Palmas), o que durou em média 6 horas de viagem.

4.1.2 Descrição do segundo trecho de levantamento – rodovia PR-323

O segundo trecho do estudo é a rodovia que liga a cidade de Umuarama a Cianorte nomeada por PR-323. O segmento possui aproximadamente 80 quilômetros de extensão, sendo ele dividido em 16 códigos do Sistema Rodoviário Estadual detalhado no (ANEXO 1) e apresentado de forma resumida no quadro abaixo.

QUADRO 2: DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS CÓDIGOS DOS SUBTRECHOS DA RODOVIA PR-323 SEGUNDO O SRE DO ESTADO DO PARANÁ

RODOVIA PRC-323	Códigos do SRE
1	323S0290EPR
2	323S0291EPR
3	323S0292EPR
4	323S0293EPR
5	323S0295EPR
6	323S0297EPR
7	323S0310EPR
8	323S0315EPR
9	323S0320EPR
10	323S0330EPR
11	323S0332EPR
12	323S0333EPR
13	323S0334EPR
14	323S0335EPR
15	323S0336EPR
16	323S0343EPR

FONTE: GOVERNO DO PARANÁ (2018).

A rodovia PR-323 é a principal rodovia de ligação entre as regiões norte e noroeste do estado do Paraná (FIGURA 38) e é por ela que é feita a ligação com o estado do Mato Grosso do Sul e com o Mercosul. Além de ser uma rodovia bastante estratégica, com intenso volume de tráfego, passa por ela também toda a frota proveniente do polo têxtil (AEN, 2021).

FIGURA 38: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO SEGUNDO TRECHO EM ESTUDO - RODOVIA PR-323



FONTE: Adaptado do DER-PARANÁ (2022).

Para o levantamento desse trecho foi necessário o deslocamento de aproximadamente 560 quilômetros (distância média entre Curitiba – Cianorte), o que demorou em média 7 horas de viagem.

4.1.3 Descrição do terceiro trecho de levantamento – rodovia PR-092

O terceiro e último trecho do estudo é a rodovia que liga a cidade de Wenceslau Braz a Jaguariaíva nomeada por PR-092. O segmento possui aproximadamente 53 quilômetros de extensão, sendo ele dividido em 7 códigos do Sistema Rodoviário Estadual detalhado no (ANEXO 1) e apresentado de forma resumida no quadro abaixo.

QUADRO 3: DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS CÓDIGOS DOS SUBTRECHOS DA RODOVIA PR-092 SEGUNDO O SRE DO ESTADO DO PARANÁ

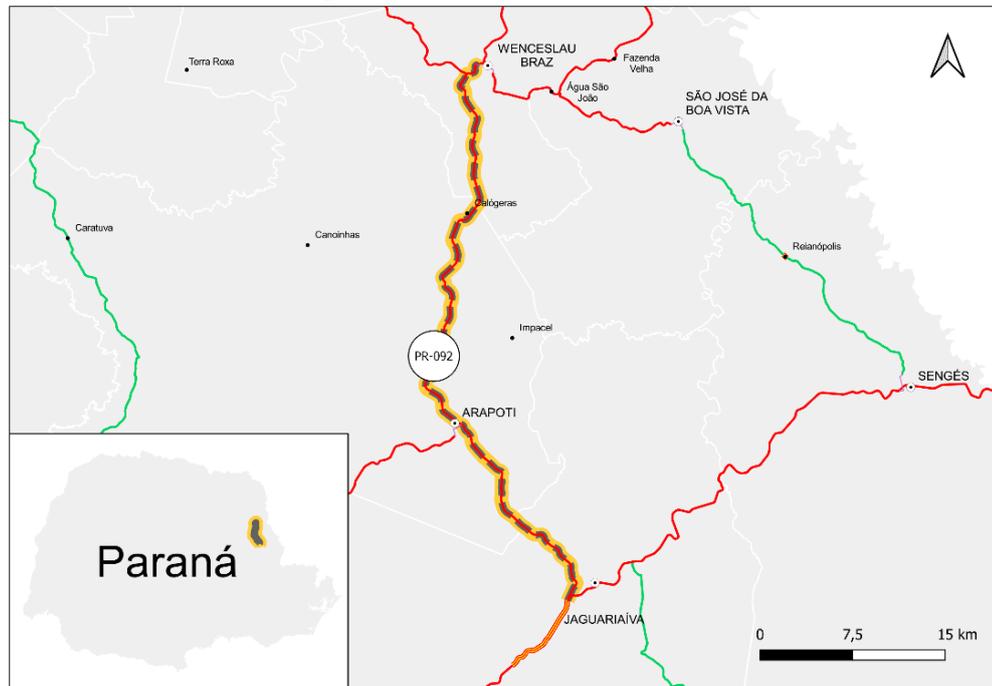
RODOVIA PR-092	Códigos do SRE
1	092S0130EPR
2	092S0140EPR
3	092S0150EPR
4	092S0160EPR

RODOVIA PR-092	Códigos do SRE
5	092S0170EPR
6	092S0175EPR
7	092S0180EPR

FONTE: GOVERNO DO PARANÁ (2018).

O trecho da rodovia PR-092 (FIGURA 39) possui um intenso volume de veículos pois, grande parte do trânsito proveniente da região sul do estado de São Paulo, trafega pela rodovia e ainda, a região do entorno dessa, possui grandes indústrias que a utilizam para o transporte de toneladas de insumos agrícolas (ACIL, 2020).

FIGURA 39: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO TERCEIRO TRECHO EM ESTUDO - RODOVIA PR-092



FONTE: Adaptado do DER-PARANÁ (2022).

Para o levantamento desse trecho foi necessário o deslocamento de aproximadamente 230 quilômetros (distância média entre Curitiba – Jaguaraiava), com duração média de 4 horas de viagem.

4.2 DADOS INICIAIS INSERIDOS DENTRO DO SIG PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO

A ferramenta da situação das rodovias foi inteiramente desenvolvida em ambiente SIG e para isso, utilizou-se o software livre de nome QGis como ambiente para a sua criação. Foram inseridos os arquivos iniciais dentro do SIG de dados utilizados como informações para a localização e informação dos trechos em estudo. Todos os arquivos de entrada estão no formato *shapefile* em forma de linha e pontos georreferenciados.

Como o desenvolvimento foi realizado todo no interior do SIG que, além da base de dados, inseriu-se também uma grande quantidade de imagens georreferenciadas, foi necessário um computador apresentasse configurações mínimas para ser possível sua manipulação. Para o estudo, o computador utilizado contém as seguintes configurações conforme quadro abaixo.

QUADRO 4: CONFIGURAÇÃO MÍNIMA NECESSÁRIA PARA O COMPUTADOR PARA A POSSÍVEL A MANIPULAÇÃO DO QGIS

HARDWARE	REQUISITOS
Velocidade do CPU	Mínimo 2.2 GHz ou superior; Hyper-threading (HHT) ou Multicore recomendado
Processador	Processadores da Intel Pentium 4, Intel Core Duo ou Xeon; mínimo SSE2
Memória/RAM	2 GB ou superior
Adaptador de Vídeo/Gráficos	Mínimo de 64 MB de RAM, recomendado mínimo de 256 MB de RAM. Grupo de chips da NVIDIA, ATI e Intel suportado.

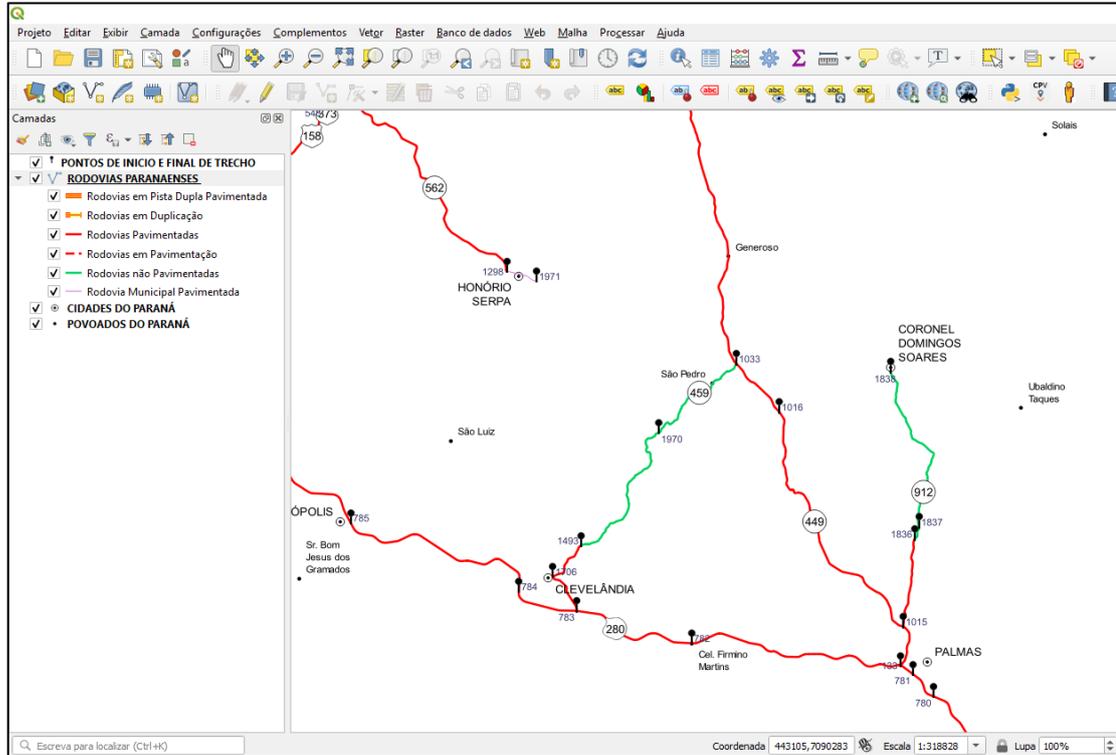
FONTE: A AUTORA (2022).

A primeira base de dados inserida corresponde ao traçado das rodovias do Paraná a qual contém todas as rodovias do estado tanto federais como estaduais. Foram inseridos também os pontos de início e final de cada código do Sistema Rodoviário para uma melhor localização e visualização. Todos estes arquivos são georreferenciados e estão disponíveis no *site* do DER³ para *download*.

³ DER. **Mapas Rodoviários**. Disponível em: < <https://www.der.pr.gov.br/Pagina/Mapas-Rodoviaros>>. Acesso em: 08 janeiro 2022.

Como complemento de informação, optou-se em adicionar também a localização das cidades e povoados do estado do Paraná (IAT, 2021), conforme representado na FIGURA 40.

FIGURA 40: DADOS INICIAIS INSERIDOS DENTRO DO SIG



Fonte: A autora (2022).

Foi atribuído para cada classe de rodovias cores e simbologias distintas de acordo com a sua classificação, padrão esse que já adotado nos mapas rodoviários executados pelo DER conforme FIGURA 41.

FIGURA 41: SIMBOLOGIA ADOTADA PARA REPRESENTAÇÃO DAS DIFERENTES CLASSES DE RODOVIAS

TIPO	SIMBOLOGIA
Rodovias de pista dupla pavimentada:	
Rodovias em Duplicação:	
Rodovias Pavimentadas:	
Rodovias em Pavimentação:	
Rodovias Não Pavimentadas:	
Rodovia Municipal pavimentada:	

Fonte: A autora (2022).

4.3 CAPTURA DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS

4.3.1 Configuração e adaptação dos equipamentos necessários para o levantamento

Para a captura das imagens georreferenciadas do pavimento foi adaptado ao capô (parte frontal) do veículo uma câmera GoPro, conforme demonstrado na FIGURA 42. A GoPro é uma câmera que possui GPS interno embutido sendo possível então a captura das coordenadas de cada imagem capturada. Com o auxílio de uma ventosa de sucção (tripé) acoplada a câmera foi possível fixá-la ao lado de fora do veículo. Além desta ventosa, foi adaptado também um ímã junto a ela para que a câmera permanecesse mais firme e segura.

FIGURA 42: CÂMERA GOPRO ADAPTADA AO VEÍCULO COM AUXÍLIO DA VENTOSA



Fonte: A autora (2022).

Para determinação da angulação ideal da câmera foi necessário a realização de diversos testes iniciais com a máquina em diferentes angulações para que na imagem capturada fosse possível a visualização enquadrada da rodovia, e para que também, fosse visualizada as duas pistas (ida e volta). A FIGURA 43 demonstra uma imagem do teste que ficou com uma angulação ruim o qual aparece na parte inferior componentes do veículo e a pista contrária não ficou bem enquadrada na imagem.

FIGURA 43: TESTES INICIAIS PARA A DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO IDEAL DE ADPTAÇÃO DA CÂMERA



Fonte: A autora (2022).

Após a determinação do enquadramento e angulação correta da câmera foi necessário a vinculação dela (posicionada do lado de fora), com um equipamento interno para que fosse possível então que toda a manipulação das imagens (*start / stop*) pudesse ser realizada do interior do veículo.

Optou-se então na utilização de um tablet que possibilita a sua vinculação via *bluetooth* com câmera GoPro. Com isso foi possível também verificar os níveis de bateria, nível de aquecimento da câmera e eventuais perdas de conexões entre os equipamentos. Com essa vinculação ficou muito mais fácil acionar a captura de imagens assim que chegasse no trecho que seria levantado, sem a necessidade de descer do veículo e acionar a câmera, conforme demonstrado na FIGURA 44.

FIGURA 44: PROCESSO DE VINCULAÇÃO ENTRE A CÂMERA E O TABLET



Fonte: A autora (2022).

No interior do veículo, além do tablet de conexão foram necessários outros equipamentos complementares para o levantamento. Como em média, cada bateria dura cerca de uma hora em uso, foi necessário a aquisição e uso de baterias extras para a realização do levantamento, bem como, compra também de um carregador compatível conforme demonstrado na FIGURA 45.

FIGURA 45: BATERIAS EXTRAS E CARREGADOR UTILIZADO PARA O LEVANTAMENTO



Fonte: A autora (2022).

Por experiência dos técnicos de campo do DER/PR foi previsto antes do início do levantamento a possível perda do sinal do GPS da câmera, muitas vezes ocorrido devido à localização que o levantamento era realizado (devido a presença de árvores, grandes antenas e outros).

Foi necessário então a utilização de um GPS de navegação para a captura de coordenadas auxiliares a cada segundo (o mesmo intervalo atribuído as imagens da câmera que será explicado a seguir), conforme demonstrado na FIGURA 46, para posterior vinculação em escritório destas coordenadas com as imagens que ficaram sem conexão.

FIGURA 46: GPS DE NAVEGAÇÃO PARA A CAPTURA DE COORDENADAS AUXILIARES



Fonte: A autora (2022).

4.3.2 Definição de horários e condições climáticas para realização do levantamento em campo

Foi necessário realizar testes iniciais da captura das imagens do pavimento em condições adversas de tempo para visualização e posterior configuração delas. Esses testes foram necessários para a verificação da qualidade das imagens, para a determinação de qual o melhor horário para realizar o levantamento e, também, qual a melhor condição climática para a realizar a investigação das patologias no pavimento com auxílio das imagens.

O primeiro dia teste foi realizando em um dia de sol, em quatro horários diferentes, conforme FIGURA 47. Foi possível observar que no horário das 8h32min

da manhã a imagem apresentou boa luminosidade, porém dependendo do sentido que o veículo trafega (contra ou a favor do sol) foi possível observar a sombra dele logo a frente, mas, isto acaba não interferindo em grande escala na visualização do pavimento.

O segundo horário de teste, 12h35min foi possível observar que o sol estava praticamente perpendicular à rodovia, o que ocasionou uma imagem em perfeita visualização e sem a presença de sombras. O mesmo que ocorreu no horário das 14h14 min, porém foi possível perceber que a luminosidade foi um pouco menor, deixando o pavimento um pouco mais escuro e dificultou a visualização das patologias.

No último horário de teste, 17h31min foi possível observar a falta de luminosidade na imagem, deixando-a muito escura que dificultou a visualização do pavimento.

FIGURA 47: PRIMEIRO TESTE REALIZADO PARA DETERMINAÇÃO DE HORÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO COM AS IMAGENS. A) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 8H32MIN; B) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 12H35MIN; C) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 14H14MIN E D) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 17H31MIN.



Fonte: A autora (2022).

O segundo dia teste foi realizado em um dia nublado, em quatro horários diferentes, conforme FIGURA 48. Foi possível observar que no horário das 8h26min da manhã a imagem apresentou boa luminosidade e devido não ter a presença do sol, não houve sombra no pavimento e o mesmo ocorreu tanto no horário de 12h15min, quanto às 14h41min. Já ao final do dia, às 17h42min foi possível verificar que mesmo em dias nublados a imagem perdeu a luminosidade dificultando assim a visualização da rodovia.

FIGURA 48: SEGUNDO TESTE REALIZADO PARA DETERMINAÇÃO DE HORÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO COM AS IMAGENS. A) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 8H26MIN; B) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 12H15MIN; C) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 14H41MIN E D) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA ÀS 17H42MIN.



Fonte: A autora (2022).

Por fim, o último teste foi realizado em um dia um pouco chuvoso apenas no período da manhã, conforme a FIGURA 49. Foi possível observar que as gotas da chuva ficaram presas na lente da câmera, o que dificultou a visualização da imagem conforme demonstrado na imagem “a” e “b” dessa figura. Na imagem “c” e “d” é possível observar o pavimento logo após o final da chuva, muito escuro e sem a possibilidade de visualização das patologias na pista.

FIGURA 49: TERCEIRO TESTE REALIZADO PARA DETERMINAÇÃO DE HORÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO COM AS IMAGENS. A) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA COM CHUVA; B) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA COM CHUVA; C) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA APÓS A CHUVA E D) IMAGEM DA RODOVIA CAPTURADA APÓS A CHUVA.



Fonte: A autora (2022).

Diante de todos os testes realizados verificou-se que a melhor condição climática para a captura das imagens foram os dias nublados e com sol, porém evitando horários próximo as 17 horas em função da baixa luminosidade, e em dias de muito sol foram observadas a presença de sombras provenientes de árvores ou demais objetos próximos a pista. De qualquer forma essas condições não interferem muito na qualidade da imagem e possibilitam ainda a visualização das patologias.

4.3.3 Definição da qualidade da imagem para o levantamento de campo

A câmera GoPro que foi utilizada para a captura das imagens georreferenciadas em campo possui uma resolução de 12 megapixels. Foi realizado um teste para a verificação de qual a qualidade e tamanho da imagem seria definido para o levantamento, pois, foi necessário utilizar o menor espaço de armazenamento

possível, visto que, haveria uma grande quantidade de imagens levantadas em campo.

Para a determinação da configuração ideal foram executados dois testes. O primeiro foi realizado a captura da imagem em campo utilizando a menor qualidade de imagem que a GoPro possui, e o segundo, em escritório, foi diminuindo ainda mais o tamanho desta imagem para a determinação se a qualidade ainda se mantinha adequada.

Para a redução do tamanho das imagens de uma forma mais rápida foi utilizado o *software* de nome GIMP. Com este programa foi possível inserir uma pasta completa de imagens e reduzi-las de forma automática e sequencial o que ganhou um maior tempo velocidade do processo.

A FIGURA 50 demonstra duas imagens, uma capturada com a menor configuração que a câmera GoPro permite (2.385 kb) e a segunda imagem foi reduzida em escritório (373 kb), ou seja, 2.012 kb (6 vezes menor) que a imagem da câmera GoPro.

FIGURA 50: TESTE INICIAL DO TAMANHO MÍNIMO DE RESOLUÇÃO DA IMAGEM MANTENDO UMA BOA VIZIBILIDADE DO PAVIMENTO. A) IMAGEM CAPTURADA COM CÂMERA GOPRO E B) IMAGEM COM A QUALIDADE REDUZIDA.

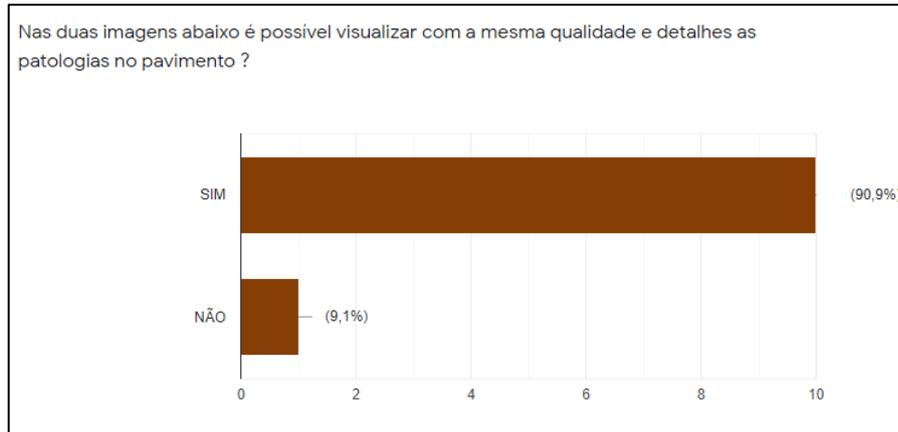


Fonte: A autora (2022).

Foi criado um formulário (ANEXO XVI) com as imagens selecionadas de rodovias que possuem patologias, em seu tamanho real e a mesma reduzida 6 vezes o seu tamanho original. O objetivo foi o julgamento das imagens por mais técnicos do DER (que possui conhecimento em rodovias e patologias), para ser possível a definição do tamanho da imagem que será utilizado.

A FIGURA 51 demonstra o resumo desta pesquisa, o qual foi possível verificar que 90,9% dos que participaram afirmaram que era possível verificar os defeitos na pista nas duas imagens, mesmo com qualidades diferentes.

FIGURA 51: RESUMO DA PESQUISA REALIZADA PARA A DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA IMAGEM A SER CAPTURADA EM CAMPO



Fonte: A autora (2022).

Analisando o percentual de 9,1% que responderam “não”, verificou-se que a imagem em maior resolução era possível observar um destaque maior da patologia, porém, nas duas imagens foi possível a identificação delas, conforme destacado nos comentários recebidos pelo formulário demonstrado na FIGURA 52.

FIGURA 52: RESUMO DO FORMULÁRIO DE DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA IMAGEM A SER CAPTURADA EM CAMPO

comente:

A qualidade das imagens em ambas é possível visualizar as patologias presentes no pavimento.

Não há impacto no resultado

Não altera quase nada a visualização

a primeira imagem tem um destaque maior da patologia, apesar de nas duas imagens ser possível a identificação de patologias.

Nas duas imagens é possível ver as fissuras da pista.

Mesma qualidade nas patologias.

Apesar da diminuição da resolução daria tranquilamente para analisar as patologias do pavimento

Nessas condições a diferença parece ser quase imperceptível

Não há diferença

Fonte: A autora (2022).

Diante desta análise, foi definido então que as imagens seriam reduzidas ainda mais em escritório a fim de minimizar o espaço necessário de armazenamento de dados e mantendo a qualidade da visualização delas.

4.3.4 Início do levantamento em campo

Segundo a norma DNIT 008/2003 – procedimento de levantamento visual contínuo um veículo profissional utilizado para a realização deste tipo de levantamento deve operar em uma velocidade média de aproximadamente 40 km/h. Neste levantamento então optou-se o veículo trafegasse a uma velocidade média de aproximadamente 70km/h. Essa velocidade foi determinada para que fosse possível manter um bom fluxo em relação aos outros veículos na rodovia e para que fosse possível a obtenção das imagens com boa resolução, detalhamentos e sem distorções.

Ao chegar no início do primeiro trecho de levantamento a câmera foi acionada no tablet e começou então o levantamento das imagens. Para essa atividade, a câmera foi configurada para capturar as imagens a cada segundo, formando assim um levantamento contínuo com sobreposição de informações, de forma a garantir o melhor detalhamento de dados. Esse intervalo de um segundo entre imagens foi definido seguindo o critério de manter uma equidistância entre imagens de aproximadamente 20 metros (o mesmo que é realizado em levantamentos profissionais). Para isso, basta aplicar a seguinte equação:

$$t = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m}}{19,44 \text{ m/s}} = 1,02 \text{ segundos} \cong 1 \text{ segundo} \quad (1)$$

onde:

t = tempo (segundos)

Δs = variação do espaço (metros)

Δt = variação do tempo (metros/segundo) = 70 km/h = 19,44 m/s

No mesmo instante que a câmera foi acionada o GPS de navegação foi ativado para o levantamento de coordenadas auxiliares do trecho, também

configurado para a captura de coordenadas a cada um segundo de intervalo entre elas. A FIGURA 53 demonstra uma visão interna do veículo na hora da captura das imagens.

FIGURA 53: CAPTURA DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS DOS TRECHOS EM ESTUDO



Fonte: A autora (2022).

4.4 AVALIAÇÃO VISUAL DA MALHA EM CAMPO

A atividade de ida a campo por um técnico do DER/PR para a atribuição das notas da situação das rodovias continuou a ser realizada sendo ela concomitante a obtenção das imagens. Para cada um quilômetro percorrido de rodovia o técnico do órgão atribuiu notas de acordo com o nível de trafegabilidade daquele quilômetro.

Esta nota foi estabelecida a cada quilometro pelo DER desde o começo da realização do levantamento visual em campo, pois, como o técnico está no interior do veículo seria difícil conseguir avaliar em um menor intervalo de espaço devido a velocidade e a dinâmica rápida que é a avaliação.

Essas notas foram anotadas em uma caderneta de campo para cada código do Sistema Rodoviário, conforme modelo apresentado na FIGURA 54.

FIGURA 54: FICHA DE CADASTRO UTILIZADA PARA ANOTAÇÃO EM CAMPO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO POR TRECHO RODOVIÁRIO

FICHA DE CADASTRO DE CONDIÇÕES DE PAVIMENTO											
Nº	Trecho	De/Para				E.R.	Sit.	Ext.(km)	Data		
35	32350343EPR	ACESSO LOVAT - INÍCIO P. DUPLA (UMUARAMA)				17	PAV	6,95			
coordenadas		840	22K	275.547	7.369.209	413	54	22K	269.177	7.368.440	378
Observações:											
km: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 3ª FAIXA ESQ.: ACOST. ESQ.: PISTA: 3 3 4 2 4 3 4 ACOST. DIR.: 3ª FAIXA DIR.: km: 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 3ª FAIXA ESQ.: ACOST. ESQ.: PISTA: ACOST. DIR.: 3ª FAIXA DIR.: km: 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 3ª FAIXA ESQ.: ACOST. ESQ.: PISTA: ACOST. DIR.: 3ª FAIXA DIR.:											

Fonte: A autora (2022).

Para todos os códigos pertencentes ao levantamento foi elaborado essa ficha de cadastro da condição do pavimento (FIGURA 54) que ao longo do percurso, foi anotado a mão a nota de cada quilômetro de rodovia percorrido. Ao chegar no escritório, todas as fichas foram transferidas para uma única planilha eletrônica e compiladas as notas de todos os trechos (ANEXO 7).

4.5 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DENTRO DO SIG

Após a captura das imagens, já em escritório, elas foram verificadas e separadas em trechos para posterior processamento. Para o primeiro trecho em estudo na rodovia PRC-280, foram capturadas 5.994 imagens, sendo que 100% destas possuem coordenadas em suas imagens.

Para o segundo trecho em estudo, na rodovia PR-323 foram capturadas 6.033 imagens, sendo que 1.039 destas perderam a conexão com o GPS da câmera e não possuíam coordenadas nas imagens, necessitando então realizar o vínculo das imagens com o GPS de navegação. Devido ao trecho possuir um alto volume de

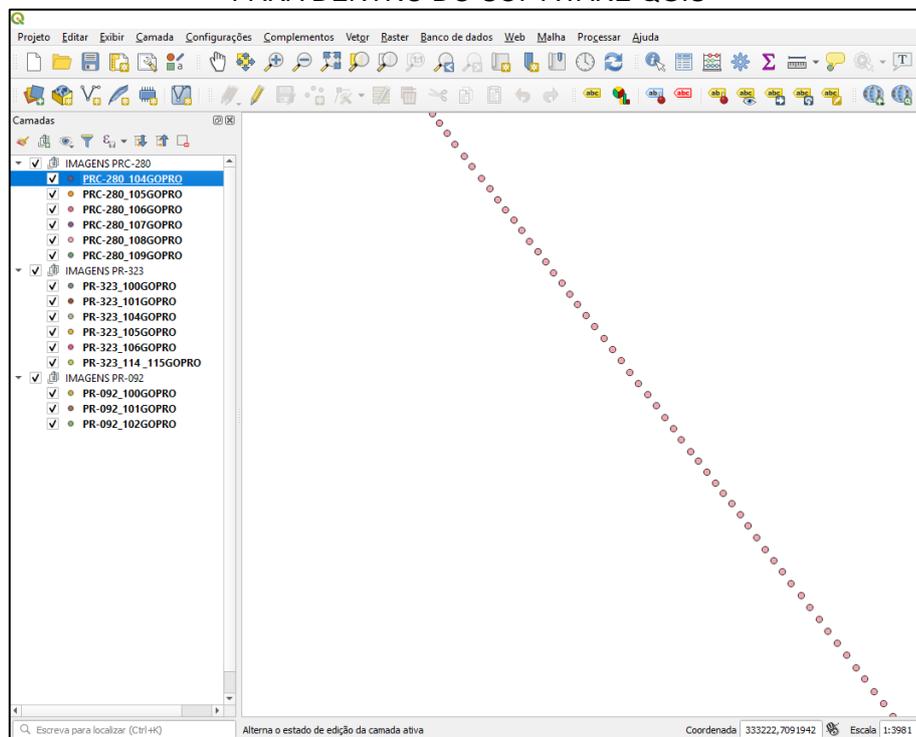
tráfego, a velocidade média para o levantamento foi reduzida, o que ocasionou um aumento da quantidade de imagens.

Para o terceiro trecho em estudo, na rodovia PR-092, foram capturadas 2.997 imagens, sendo que 100% destas possuem coordenadas em suas imagens.

Em escritório todas as imagens capturadas em campo foram diminuídas em cerca de 6 vezes o seu tamanho original para reduzir o espaço necessário de armazenamento de dados, porém, mantendo a qualidade de visualização das rodovias.

Para a importação e processamento dos dados dentro do QGIS foi utilizado o *plugin*⁴ de importação para fotos georreferenciadas de nome “*Impot Photos*” as quais foram inseridas todas de maneira automática. Na FIGURA 55 é possível verificar a como fica a visualização no software após a importação de cada imagem. Cada ponto demonstrado na figura está vinculado a uma imagem que possui coordenadas de latitude e longitude.

FIGURA 55: IMPORTAÇÃO DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS CAPTURADAS EM CAMPO PARA DENTRO DO SOFTWARE QGIS



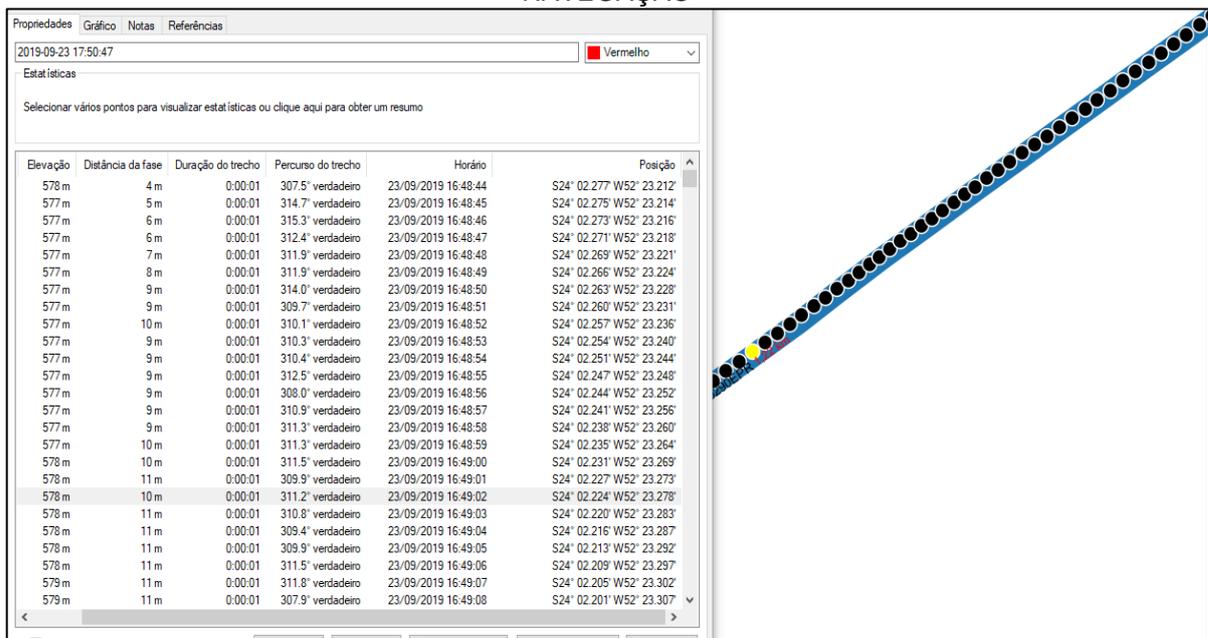
Fonte: A autora (2022).

⁴ “Na informática define-se plugin todo programa, ferramenta ou extensão que se encaixa a outro programa principal para adicionar mais funções e recursos a ele” (PRADA, 2008).

Para as imagens que não possuíam coordenadas devido à perda de sinal de GPS da câmera foi necessário a realização de um procedimento manual de importação para dentro do software. Primeiramente importou-se os pontos de coordenadas obtidos com o auxílio do GPS de navegação, que obteve além da latitude e longitude, também os atributos da hora, minuto e segundo de cada ponto de coordenada.

Na FIGURA 56 são demonstrados todos os pontos obtidos com o auxílio do GPS de navegação, onde na tabela é possível verificar o horário de captura de cada ponto (a cada um segundo) e sua coordenada.

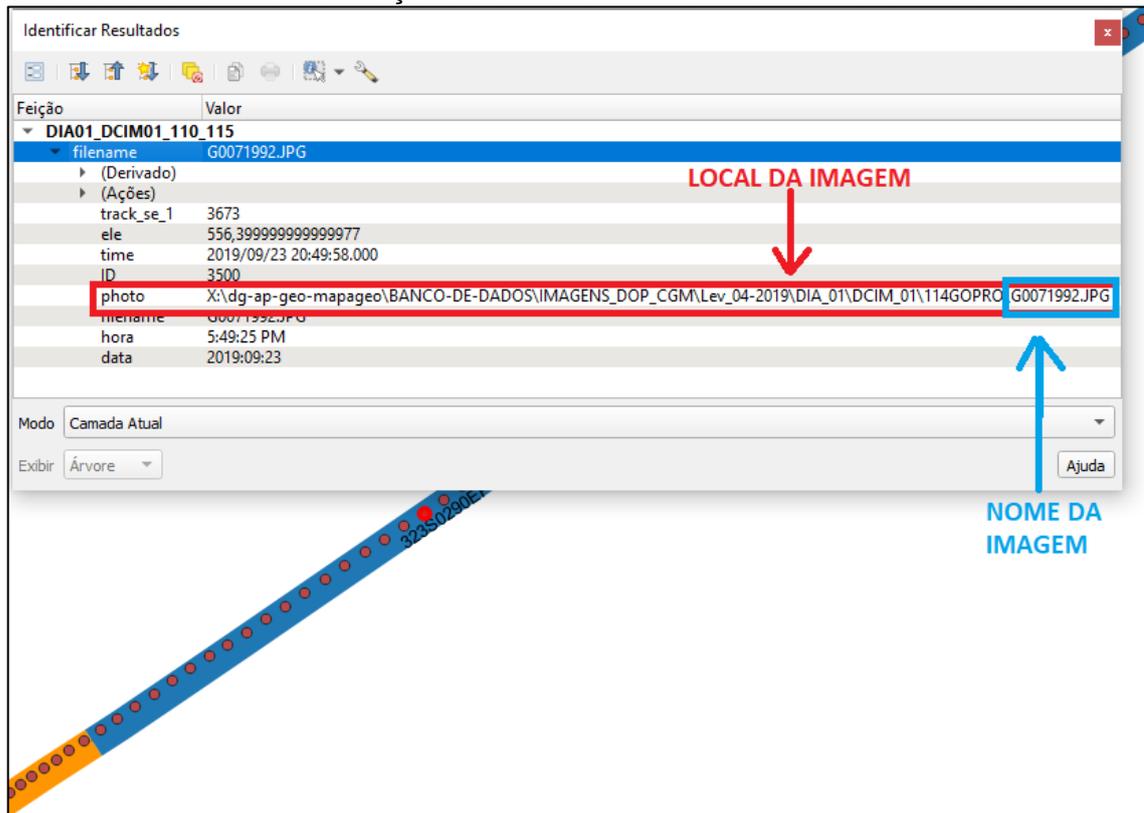
FIGURA 56: VISUALIZAÇÃO DAS COORDENADAS AUXILIARES CAPTURADAS COM O GPS DE NAVEGAÇÃO



Fonte: A autora (2022).

Para toda imagem importada é criado automaticamente um “link” entre ela e o ponto com coordenadas. Com esse link obtém-se uma ligação entre a pasta onde a imagem está armazenada no computador ao software, ou seja, a imagem fica armazenada e com esse “canal de ligação” que o link realiza é possível a visualização dela dentro do QGIS, conforme demonstrado na FIGURA 57.

FIGURA 57: LOCAL DE REALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DAS IMAGENS SEM COORDENADAS

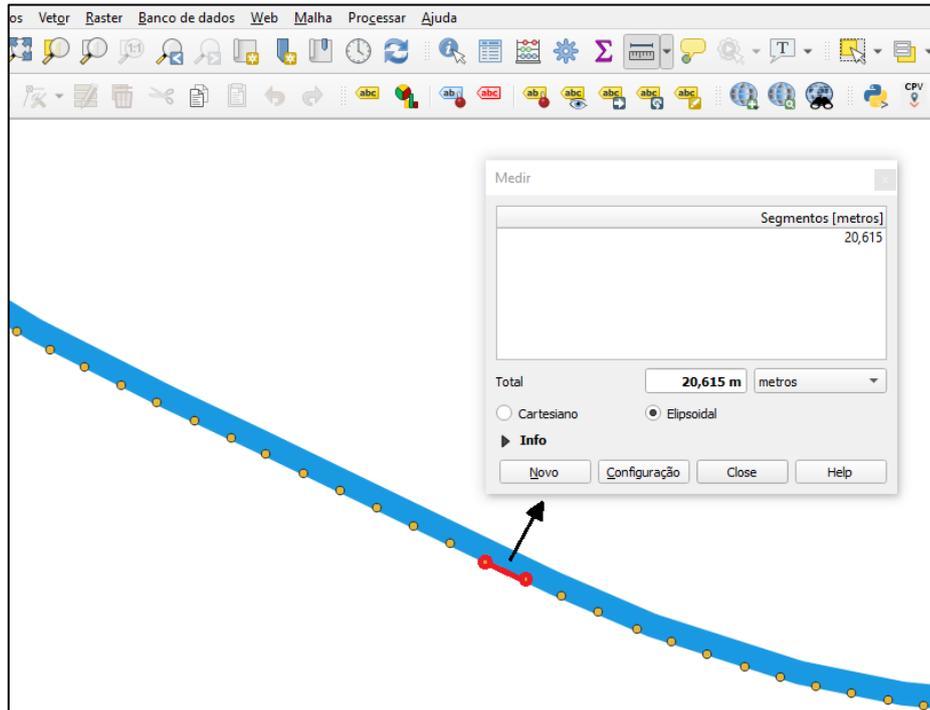


Fonte: A autora (2022).

Para a realização da vinculação entre as coordenadas via GPS de navegação com a imagem sem coordenada foi necessário apenas identificar o horário do levantamento do ponto auxiliar e o horário da foto (hora, minuto e segundo) o qual deve ser exatamente o mesmo. Após essa análise e identificação, bastou apenas realizar o mapeamento desta imagem dentro do software indicando o local da imagem dentro do computador que aquela coordenada pertencia e atribuir o caminho da imagem no link dentro do QGis.

Após a importação de todas as imagens, foi possível verificar que, como a velocidade média do veículo foi de aproximadamente 70km/h e as imagens sendo capturadas a cada um segundo, foi possível a obtenção das imagens equidistantes entre si de aproximadamente vinte metros exatamente como o previsto, conforme demonstrado na FIGURA 58.

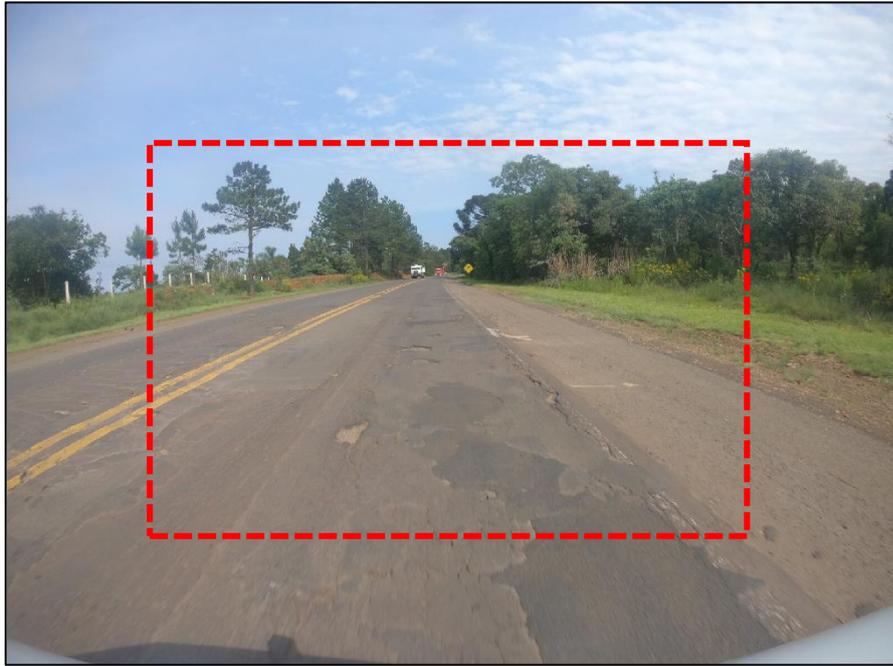
FIGURA 58: EQUIDISTÂNCIA ENTRE AS IMAGENS LEVANTADAS



Fonte: A autora (2022).

Devido a essa equidistância entre imagens foi possível a sobreposição de informações obtidas e, com isso, mais detalhes da pista puderam ser observados. Na FIGURA 59 e na FIGURA 60 é possível observar duas imagens capturadas sequencialmente, onde a primeira mostra um pouco mais longe os defeitos no pavimento e na segunda imagem é possível observar mais nitidamente a patologia ou defeito, obtendo então, um nível de detalhamento maior das condições atuais do pavimento.

FIGURA 59: EXEMPLO DE DEFEITO ENCONTRATO NO PAVIMENTO DA RODOVIA PRC-280 COM POUCO DETALHE



Fonte: A autora (2022).

FIGURA 60: EXEMPLO DE DEFEITO ENCONTRATO NO PAVIMENTO DA RODOVIA PRC-280 COM UMA MELHOR VISIBILIDADE



Fonte: A autora (2022).

4.6 VALIDAÇÃO DOS DADOS – VERIFICAÇÃO AS NOTAS ATRIBUÍDAS EM CAMPO COM O AUXÍLIO DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS EM ESCRITÓRIO

Em escritório, as notas de todos os trechos atribuídas em campo pelo técnico avaliador do DER foram validadas com o auxílio das imagens georreferenciadas por mais um profissional do DER. Com as imagens foi possível verificar mais nitidamente todos os defeitos existentes no pavimento e classificá-los de uma forma mais precisa.

Na TABELA 1 abaixo estão demonstrados todos os códigos das três rodovias em estudo com as notas atribuídas pelo avaliador do DER em campo e, destacado em vermelho, notas que chamaram uma atenção inicial pois elas eram muito divergentes das notas atribuídas ao restante do código.

Com as imagens georreferenciadas já inseridas dentro do SIG, um segundo profissional do DER analisou elas sequencialmente, verificando com maiores detalhes e de forma mais tranquila todas as imagens, para poder validar ou corrigir as notas quando necessário.

TABELA 1: VALIDAÇÃO E/OU CORREÇÃO DAS NOTAS ABTIDAS EM CAMPO

(conclusão)

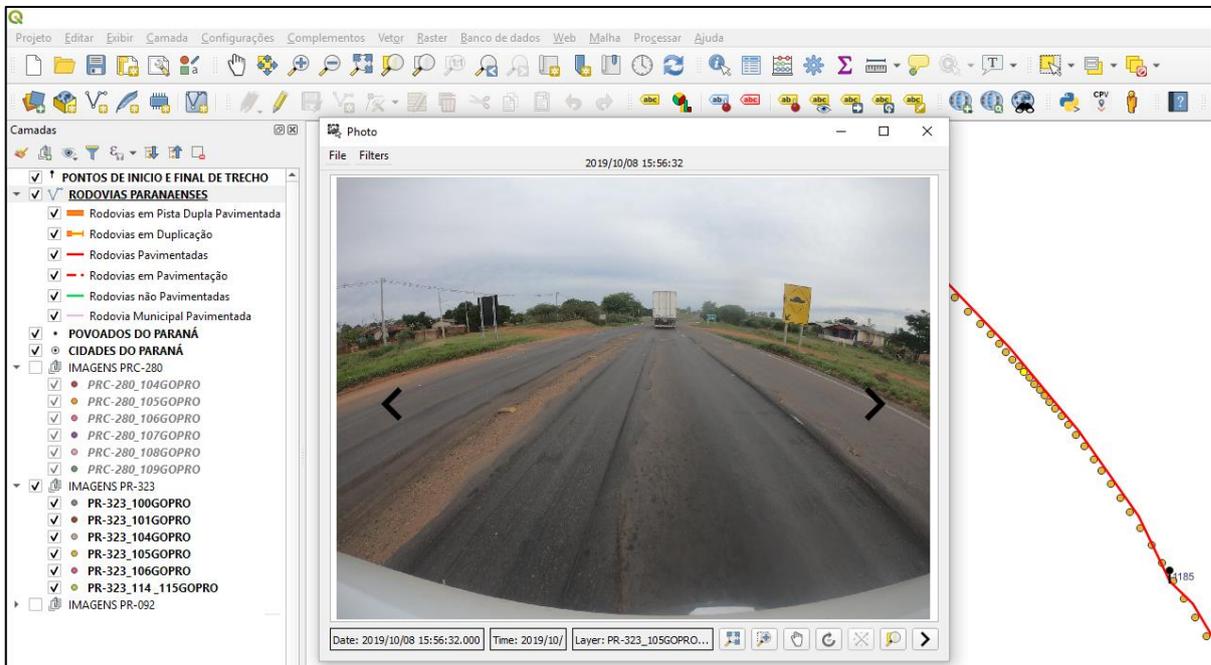
CÓDIGO		NOTAS POR QUILOMETRO																					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
323S0335EPR	Nota Avaliador em campo	2	4	4	4	4	4	4															
	Nota validada	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok															
323S0336EPR	Nota Avaliador em campo	3	3	4	3	4	4																
	Nota validada	ok	ok	ok	ok	ok	ok																
323S0343EPR	Nota Avaliador em campo	3	3	4	2	4	3	4															
	Nota validada	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok															

Fonte: A autora (2022).

A FIGURA 61 mostra um exemplo de como foi realizada a validação de uma nota, onde o técnico avaliador em campo, neste caso, havia atribuído uma nota dois ao pavimento naquele quilômetro.

Após a verificação em escritório por este segundo profissional, foi possível observar mais detalhadamente e calma todas as patologias de cada trecho em estudo, e neste exemplo da FIGURA 61 foi possível validar o que o técnico em campo havia atribuído de nota para aquele quilômetro de trecho.

FIGURA 61: VALIDAÇÃO DA NOTA ATRIBUÍDA EM CAMPO COM AS IMAGENS GEORREFERENCIADAS EM ESCRITÓRIO



Fonte: A autora (2022).

Ainda, com relação a TABELA 1 é possível observar que houve notas (destacadas em vermelho) que chamaram atenção em escritório pois, o trecho encontrava-se em ótimas condições e bruscamente o avaliador em campo atribuiu uma nota baixa para ele. Foi necessário então este segundo técnico do DER, em escritório, além da verificação total de todas as notas, atentar-se a estes casos específicos.

A TABELA 2 abaixo apresenta um resumo de todos os trechos que foram destacados em vermelho na tabela anterior. É possível observar que, em relação ao total de notas atribuídas a todos os trechos em estudo, cerca de 6% destes

apresentaram esta queda brusca de notas, o que poderia ter havido um possível equívoco em campo por parte do avaliador.

TABELA 2: TOTAL DE NOTAS E DISCREPÂNCIAS INICIAIS VERIFICADAS EM CADA TRECHO

TRECHO	TOTAL DE NOTAS ATRIBUÍDAS AO TRECHO	TOTAL DE NOTAS COM UMA DISCREPÂNCIA INICIAL
PR-092	58	4
PRC-280	84	1
PR-323	85	8
TOTAL	227	13
DISCREPÂNCIA TOTAL		5,73%

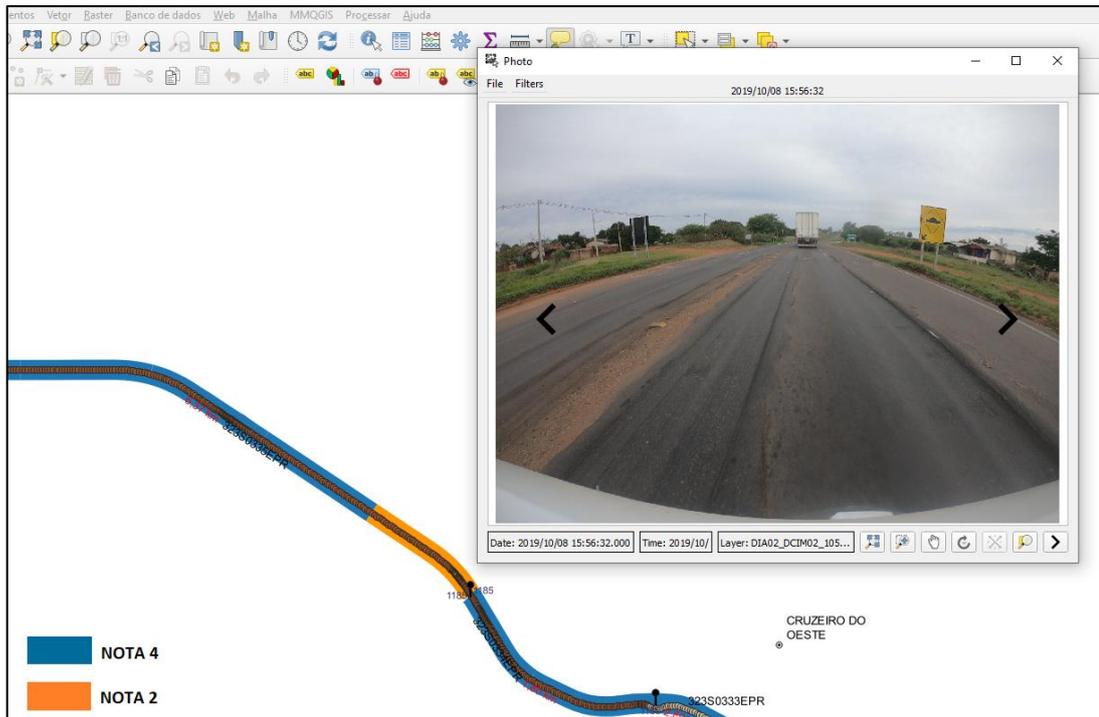
Fonte: A autora (2022).

Verificando esta questão, como exemplo, abaixo a FIGURA 62 está demonstrado um trecho que possui uma nota que chamou atenção pois mais de 90% dele possuía uma nota quatro e ao final foi atribuído uma nota dois (o que poderia ter ocorrido uma falha da parte do avaliador).

Com a reavaliação realizada em escritório pelo segundo profissional com a ajuda das imagens georreferenciadas foi possível validar essa nota.

Ao percorrer cada quilômetro do trecho, com o auxílio das imagens, aproximadamente 95% dele encontra-se em boas condições ao qual seria atribuído uma nota quatro, porém quase ao final dos mil metros percorridos, o trecho possui uma lombada que acaba gerando por parte dos caminhões a chamada “trilha de roda” (quando eles precisam frear ou acelerar), conforme demonstrado na FIGURA 62. Devido a isso então, para o trecho em sua totalidade foi necessário atribuir uma nota dois o que validou a nota atribuída pelo avaliador.

FIGURA 62: COMPROVAÇÃO E VALIDAÇÃO DA NOTA ATRIBUÍDA EM CAMPO



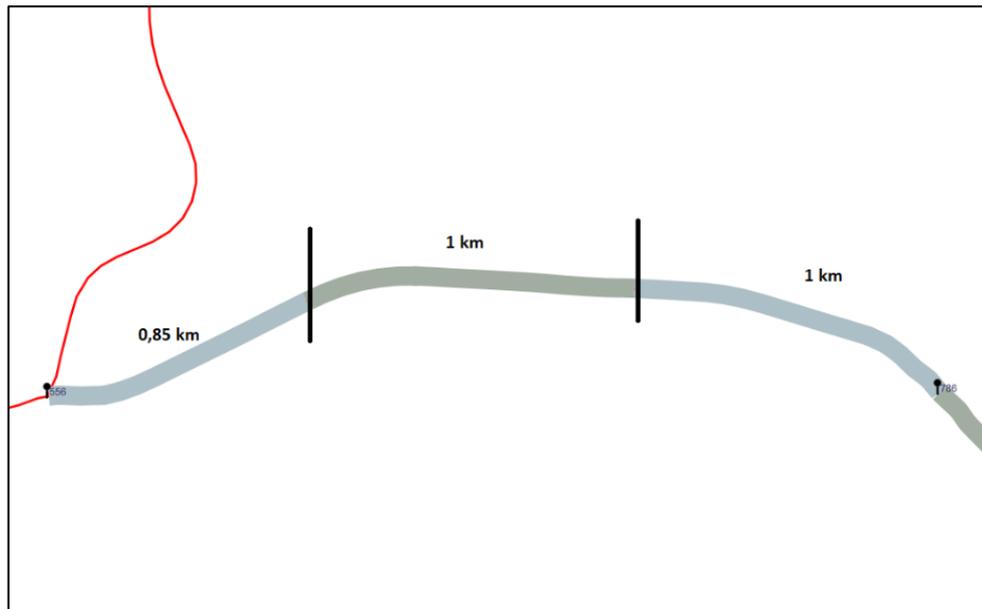
Fonte: A autora (2022).

Por fim, com o auxílio das imagens georreferenciadas foi possível comprovar/validar ou corrigir por um segundo técnico em escritório todas as notas atribuídas pelo primeiro avaliador em campo. Isto também se deve ao fato que com as imagens foi possível verificar um maior detalhamento no pavimento.

4.7 INSERÇÃO DAS NOTAS VALIDADAS DAS RODOVIAS DENTRO DO SIG

Após a etapa de validação das notas foi inserido dentro do SIG todas elas para visualização. Para isso, foi necessário nos trechos em estudo a divisão (corte) de cada código de um em um quilômetro para posterior atribuição da nota da condição superficial de cada trecho, conforme demonstrado na FIGURA 63. A figura representa o exemplo de um código que possui extensão de 2,85 quilômetros, sendo então o mesmo dividido em duas partes de um quilômetro cada e finalizando com os 850 metros restantes.

FIGURA 63: EXEMPLO DE COMO É A REALIZAÇÃO DA DIVISÃO DOS TRECHOS DE UM EM UM QUILÔMETRO



Fonte: A autora (2022).

Após a divisão e corte de todos os códigos, foram inseridas as notas validadas de todos os trechos dentro do SIG. Para cada nota atribuída na escala de um a cinco foi vinculada a sua cor correspondente para uma melhor visualização, conforme representado na FIGURA 64.

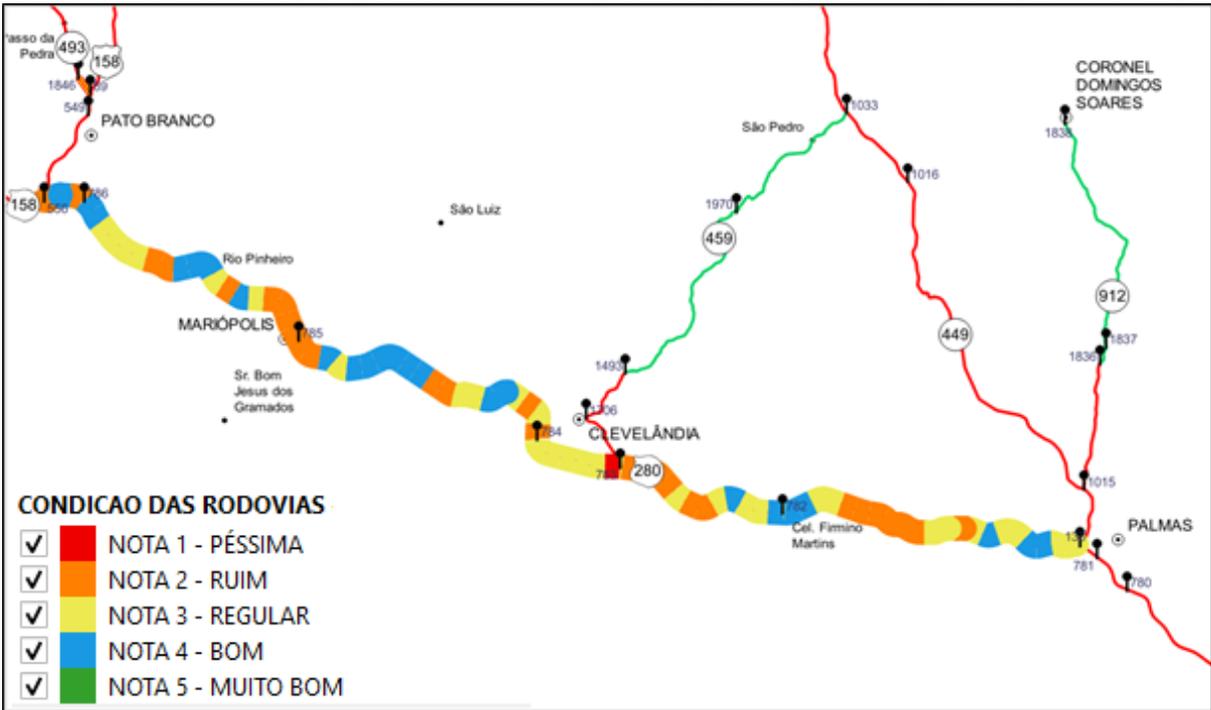
FIGURA 64: SIMBOLOGIA ADOTADA DE ACORDO COM A NOTA ATRIBUÍDA PARA O PAVIMENTO

NOTA	SIMBOLOGIA
Nota 1 – Condição Péssima	
Nota 2 – Condição Ruim	
Nota 3 – Condição Regular	
Nota 4 – Condição Boa	
Nota 5 – Condição Muito Boa	

Fonte: A autora (2022).

Na FIGURA 65 é apresentado o primeiro trecho em estudo, a denominada rodovia PRC-280. A figura mostra o trecho em sua totalidade separado por cor da nota validada (de quilômetro a quilômetro).

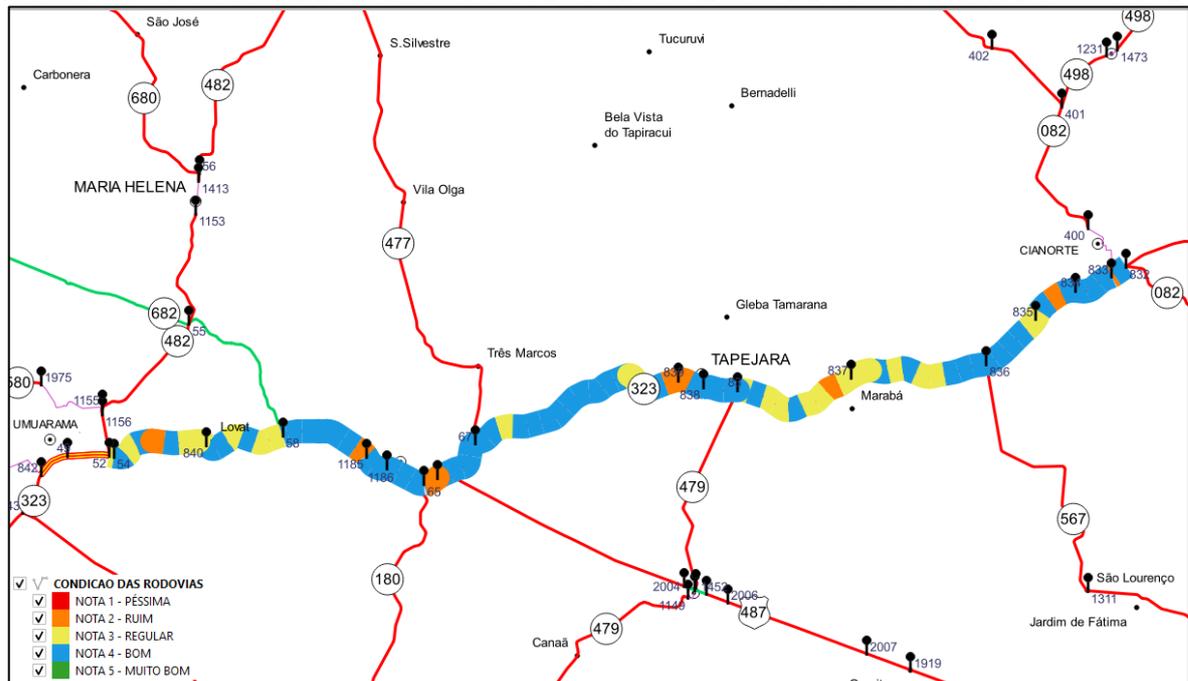
FIGURA 65: NOTAS VALIDADAS PARA O PRIMEIRO TRECHO DENOMINADA RODOVIA PRC-280



Fonte: A autora (2022).

Na FIGURA 66 é apresentado o segundo trecho em estudo, a denominada rodovia PR-323. A figura mostra o trecho em sua totalidade separado por cor da nota validada (de quilômetro a quilômetro).

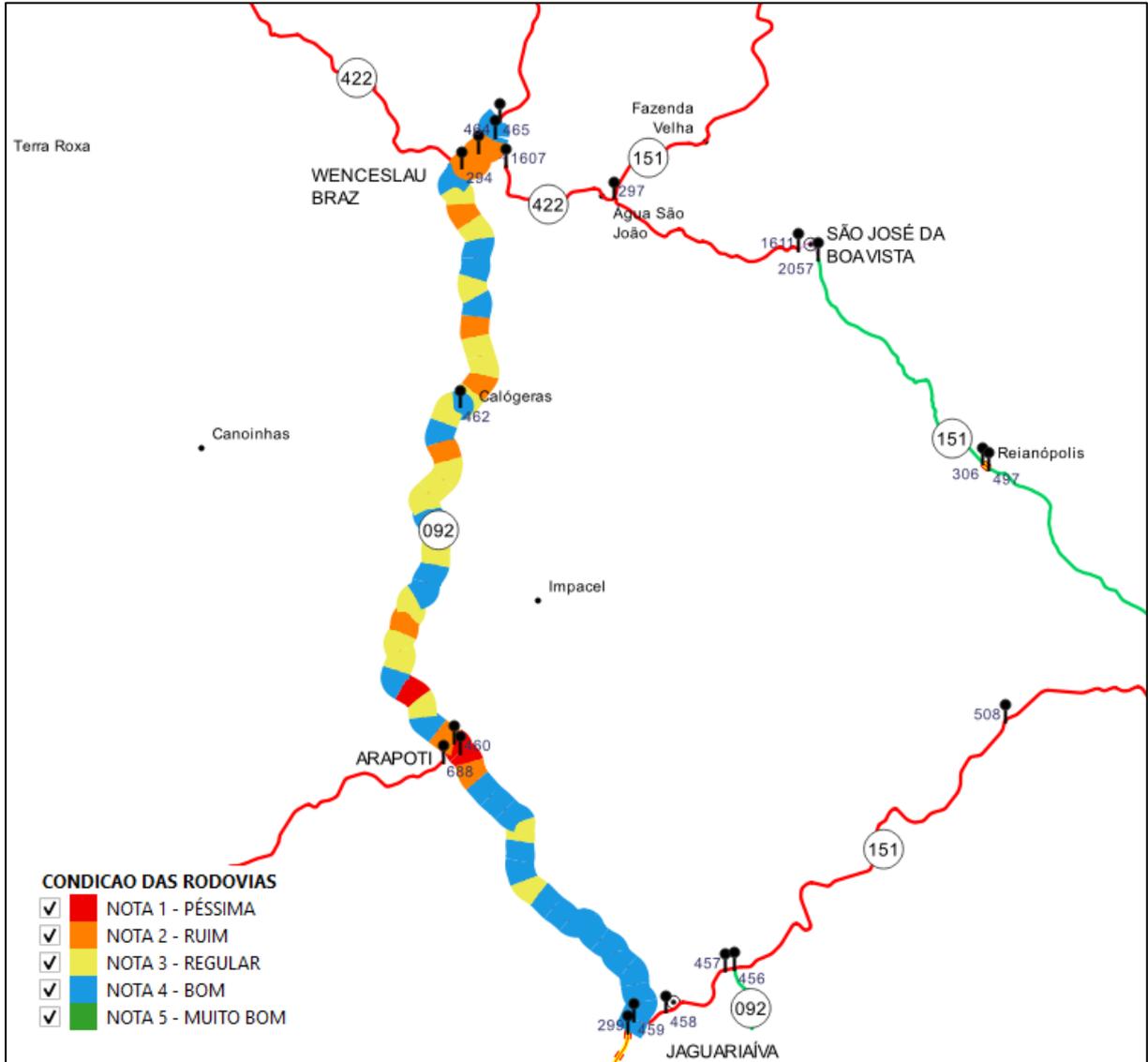
FIGURA 66: NOTAS VALIDADAS PARA O SEGUNDO TRECHO DENOMINADA RODOVIA PR-323



Fonte: A autora (2022).

Na FIGURA 67 é apresentado o terceiro e último trecho em estudo, a denominada rodovia PR-092. A figura mostra o trecho em sua totalidade separado por cor da nota validada (de quilômetro a quilômetro).

FIGURA 67: NOTAS VALIDADAS PARA O TERCEIRO TRECHO DENOMINADA RODOVIA PR-092



Fonte: A autora (2022).

4.8 CÁLCULO DO CUSTO DE CONSERVAÇÃO PARA CADA TRECHO RODOVIÁRIO

Inicialmente a o sistema seria apenas para aumentar a confiabilidade e acurácia das notas avaliadas em campo e a sua validação e/ou ajuste, mas foi visualizada a oportunidade de aproveitamento deste sistema para ajudar na

precificação dos custos e até mesmo em elencar prioridades de trechos para a conservação. Neste momento, esta parte é apenas para uso e gestão interna do órgão, sendo um benefício ao DER/PR.

4.8.1 Inserção dos dados iniciais no SIG

Os primeiros campos que foram inseridos dentro da tabela de atributos do SIG correspondem ao código rodoviário de cada trecho em estudo, a descrição do local que aquele trecho se encontra e a coluna de extensão correspondente a cada trecho. Os dados em forma mais detalhada são encontrados no ANEXO I.

Após os dados iniciais foi necessário a inclusão das informações específicas de cada código. Foi inserido o tipo de base, bem como o tipo de revestimento, volume de tráfego e a largura da pista e do acostamento quando tiver. Estes dados são importantes para o conhecimento dos trechos e de acordo com o a sua característica será atribuída um diferente tipo de solução de conservação.

Os campos inseridos encontram-se de forma mais detalhada no ANEXO II, ANEXO III, ANEXO IV e ANEXO V e foram anexados dentro do QGis através de uma união entre tabelas (união entre a planilha externa e a camada de nome “rodovias paranaenses”) de forma automática através do processamento interno de nome “união de camadas” que está disponível dentro do *software*.

A FIGURA 68 demonstra de forma exemplificada como os dados iniciais ficam inseridos dentro da tabela no software. Os quatro primeiros campos são referentes as informações de cada trecho bem como, sua extensão e localização, já o quinto ao novo campo são referentes as características que foram vinculados a cada trecho.

FIGURA 68: INSERÇÃO DE DADOS INICIAIS DE CADA TRECHO NO SIG

Características dos trechos vinculadas no banco de dados									
Dados inicialmente inseridos									
TRECHO	DE	PARA	EXT. (km)	BASE	REVESTI	TMDA	LARG PIST	LARG ACOS	
092S0130EPR	ENTR. PR-151 (B) (JAGUARIAÍVA)	AC. IV JAGUARIAÍVA	0,69	BG	CAUQ	5312	7,00	2,50	
092S0140EPR	AC. IV JAGUARIAÍVA	AC. I ARAPOTI	17,71	BG	CAUQ	5312	7,00	2,50	
092S0150EPR	AC. I ARAPOTI	AC. II ARAPOTI	0,62	BG	CAUQ	5312	7,00	2,50	
092S0160EPR	AC. II ARAPOTI	AC. CALÓGERAS	20,32	BG	CAUQ	4340	7,20	2,50	
092S0170EPR	AC. CALÓGERAS	ENTR. PR-958 (PLAN.)	13,19	BG	CAUQ	4340	7,20	2,50	
092S0180EPR	ENTR. PR-422 (W.BRAZ)	AC. I WENCESLAU BRAZ	1,39	BG	CAUQ	3127	6,00	0	
092S0185EPR	AC. I WENCESLAU BRAZ	AC. II WENCESLAU BRAZ	1,25	BG	CAUQ	3127	7,20	2,50	
092S0190EPR	AC. II WENCESLAU BRAZ	AC. III WENCESLAU BRAZ	1,00	BG	CAUQ	3127	7,20	2,50	

Fonte: A autora (2022).

Foi adicionado também uma segunda tabela de base de dados (FIGURA 69) na qual constam os parâmetros e valores correspondentes ao nível de esforço que deve ser aplicado a cada diferente classe de tráfego. O nível de esforço tem por objetivo apresentar os dados da quantidade necessária de conservação que deve ser executado em um determinado trecho para que ele atinja uma condição adequada. Ele é um dado de entrada utilizado como um “índice” a ser aplicado em diferentes notas do pavimento.

Os campos inseridos encontram-se de forma mais detalhada no ANEXO VIII, ANEXO IX, ANEXO X, ANEXO XI, ANEXO XII, ANEXO XIII, ANEXO XIV e ANEXO XV e foram anexados dentro do QGis através de uma união entre tabelas (união entre a planilha externa e a camada de nome “rodovias paranaenses”) de forma automática através do processamento interno de nome “união de camadas” que está disponível dentro do *software*.

A FIGURA 69 apresenta os níveis de esforço que foram inseridos dentro do QGis. Os sete primeiros campos correspondem aos parâmetros iniciais que foram vinculados e os seis últimos ao nível de esforço aplicado a cada diferente classe de tráfego.

FIGURA 69: INSERÇÃO DOS PARÂMETROS DE NÍVEL DE ESFORÇO DENTRO DO SIG

Tipos e informações de cada nível de esforço							Índices de nível de esforço a serem aplicados						
TIPO	CLASSE	TIPO.C	N.SERV	T.C.N.SERV	SERV	UD	COND.N1	COND.N2	COND.N3	COND.N4	COND.N5	UD.NE	
1	TS	4	TS-4	110	TS-4-110	Tapa buraco com CAUQ	m ³	1,1	0,75	0,4	0,2	NULL	m ³ /1000m ²
2	TS	3	TS-3	110	TS-3-110	Tapa buraco com CAUQ	m ³	1,1	0,7	0,35	0,2	NULL	m ³ /1000m ²
3	TS	1	TS-1	110	TS-1-110	Tapa buraco com CAUQ	m ³	0,8	0,6	0,25	0,15	NULL	m ³ /1000m ²
4	PM	4	PM-4	110	PM-4-110	Tapa buraco com CAUQ	m ³	2,4	1,6	0,9	0,5	NULL	m ³ /1000m ²
5	TS	2	TS-2	110	TS-2-110	Tapa buraco com CAUQ	m ³	1,05	0,65	0,3	0,15	NULL	m ³ /1000m ²
6	PM	2	PM-2	110	PM-2-110	Tapa buraco com CAUQ	m ³	2,2	1,4	0,7	0,4	NULL	m ³ /1000m ²
7	PM	1	PM-1	110	PM-1-110	Tapa buraco com CAUQ	m ³	2,1	1,3	0,6	0,3	NULL	m ³ /1000m ²
8	PM	3	PM-3	110	PM-3-110	Tapa buraco com CAUQ	m ³	2,2	1,5	0,8	0,4	NULL	m ³ /1000m ²

Fonte: A autora (2022).

4.8.2 Processamento de dados

Para a realização da análise do pavimento e dos demais parâmetros viu-se a necessidade de uma programação para otimização do tempo e melhoria da acurácia dos resultados. Para isso utilizou-se o terminal *Python* (dentro do software Qgis) para a escrita do código e processamento de dados.

Optou-se em realizar o processamento de dados através da metodologia SAM para definir o custo de conservação realizando o cálculo de um programa COP.

4.8.2.1 Processamento de dados - Condição do pavimento

Foi considerado que o valor estimado de conservação seria calculado para dois anos, mesmo horizonte de tempo utilizado nos programas de conservação já utilizados hoje pelo DER/PR, portanto, no primeiro ano aplicou-se a nota em cada trecho levantada em campo e para o segundo ano aplicou-se um índice de 10% de melhora da condição do pavimento, considerando que, com o custo de conservação aplicado no primeiro ano ocasionaria uma melhora desse índice no ano seguinte, conforme já vem sendo definido nos programas de conservação do DER/PR.

4.8.2.2 Aplicação dos Níveis de Esforço em cada trecho rodoviário

O segundo processamento de dados foi a aplicação de um nível de esforço em cada trecho rodoviário. Esse nível varia de acordo com o volume de tráfego de cada trecho e do tipo de revestimento.

Os níveis de esforços foram aplicados para os seguintes serviços que serão realizados, de acordo com a metodologia SAM:

- a) Recape: Reconstituição da capa do pavimento (m^3);
- b) Reperfilamento: Técnica que envolve a limpeza, pintura de ligação e aplicação de CBUQ (m^3);
- c) Microrrevestimento: Utilizado para a reabilitação da superfície da rodovia (m^2);
- d) Tapa Buraco: Reparação de buracos existentes na via para evitar maiores danos ao pavimento (m^3);
- e) Remendo Profundo: Recuperação de uma determinada área do pavimento que atinja a camada inferior (m^3);
- f) Selagem de Trincas: Aplicação de asfalto modificado sobre uma trinca (litros)

Estes dados calculados dentro do SIG estão apresentados de forma exemplificada na FIGURA 70.

FIGURA 70: CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE NÍVEL DE ESFORÇO APLICADOS EM CADA TRECHO

	Quantidade de tapa buraco calculado					Quantidade de remendo calculado					Quantidade de sql. trinca calculado				
	TAPA BURACO N1	TAPA BURACO N2	BURAC.	APA BURACO N1	TAPA BURACO N5	REMENDO PROF. N1	REMENDO PROF. N2	VDO PRÇIDO PR	REMENDO PROF. N5	SELAGEM TRINCA N1	GEM TRINC.	EM TRIN	GEM TRINC.	SELAGEM TRINCA N5	
1	2,40	1,60	0,9	0,5	0	3,75	2,25	1,50	0,75	0	0,5	4,00	3,50	2,00	1,00
2	2,40	1,60	0,9	0,5	0	3,75	2,25	1,50	0,75	0	0,5	4,00	3,50	2,00	1,00
3	2,40	1,60	0,9	0,5	0	3,75	2,25	1,50	0,75	0	0,5	4,00	3,50	2,00	1,00
4	2,40	1,60	0,9	0,5	0	3,75	2,25	1,50	0,75	0	0,5	4,00	3,50	2,00	1,00
5	2,40	1,60	0,9	0,5	0	3,75	2,25	1,50	0,75	0	0,5	4,00	3,50	2,00	1,00
6	2,40	1,60	0,9	0,5	0	3,75	2,25	1,50	0,75	0	0,5	4,00	3,50	2,00	1,00
7	2,40	1,60	0,9	0,5	0	3,75	2,25	1,50	0,75	0	0,5	4,00	3,50	2,00	1,00
8	2,40	1,60	0,9	0,5	0	3,75	2,25	1,50	0,75	0	0,5	4,00	3,50	2,00	1,00

Fonte: A autora (2022).

A FIGURA 71 apresenta como foi realizado o cálculo da aplicação dos Níveis de Esforço em cada trecho rodoviário, dentro do *Python* no QGis.

FIGURA 71: CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE NÍVEL DE ESFORÇO DE CADA TRECHO DENTRO DO PYTHON

```

Terminal Python
CALCULO_MISTRADO.py X
37
38 #NIVEIS DE ESFORÇO
39 #TAPA BURACO
40 E_TB_N1 = QgsExpression("if(substr('REVESTI',1,1)='T', (if('TMDA' <=200,0.80,if('TMDA'>=201 and 'TMDA'<=1000,1.05,if('TMDA' >=1001 and 'TMDA'<=3000,1
41 E_TB_N2 = QgsExpression("if(substr('REVESTI',1,1)='T', (if('TMDA' <=200,0.60,if('TMDA'>=201 and 'TMDA'<=1000,0.65,if('TMDA' >=1001 and 'TMDA'<=3000,0
42 E_TB_N3 = QgsExpression("if(substr('REVESTI',1,1)='T', (if('TMDA' <=200,0.25,if('TMDA'>=201 and 'TMDA'<=1000,0.30,if('TMDA' >=1001 and 'TMDA'<=3000,0
43 E_TB_N4 = QgsExpression("if(substr('REVESTI',1,1)='T', (if('TMDA' <=200,0.15,if('TMDA'>=201 and 'TMDA'<=1000,0.15,if('TMDA' >=1001 and 'TMDA'<=3000,0
44 E_TB_N5 = QgsExpression('0')
45
46 #REMENDO PROFUNDO
47 E_RP_N1 = QgsExpression("if(substr('REVESTI',1,1)='T', (if('TMDA' <=200,0.60,if('TMDA'>=201 and 'TMDA'<=1000,0.75,if('TMDA' >=1001 and 'TMDA'<=3000,0
48 E_RP_N2 = QgsExpression("if(substr('REVESTI',1,1)='T', (if('TMDA' <=200,0.30,if('TMDA'>=201 and 'TMDA'<=1000,0.45,if('TMDA' >=1001 and 'TMDA'<=3000,0
49 E_RP_N3 = QgsExpression("if(substr('REVESTI',1,1)='T', (if('TMDA' <=200,0.15,if('TMDA'>=201 and 'TMDA'<=1000,0.15,if('TMDA' >=1001 and 'TMDA'<=3000,0
50 E_RP_N4 = QgsExpression("if(substr('REVESTI',1,1)='T', (if('TMDA' <=200,0.10,if('TMDA'>=201 and 'TMDA'<=1000,0.10,if('TMDA' >=1001 and 'TMDA'<=3000,0
51 E_RP_N5 = QgsExpression('0')
52

```

Fonte: A autora (2022).

4.8.3 Quantidade de serviço calculado para o ano 1 e 2 de conservação

O terceiro processamento de dados foi a realização do cálculo das quantidades de serviços que serão necessários para atender os dois anos de conservação. Estes dados calculados dentro do SIG estão apresentados de forma exemplificada na FIGURA 72.

FIGURA 72: CÁLCULO DA QUANTIDADE DE SERVIÇO NECESSÁRIO PARA OS 2 ANOS DE CONSERVAÇÃO

C	QUANT. SERV. ANO 1 - RECAPE	NO 1	QUANT. SERV. ANO 1 - LAMA ASF. ou MICRO	QUANT. SERV. ANO 1 - TAPA BURACO N1	NO 1 - T	O 1 -	O 1 -	O 1 -	QUANT. SERV. ANO 1 - REMENDO PROF. N1	1 - R	1 - R	1 - R	1 - R	ANO 1 - REMENI
1	0	13,...	575,98800	0	0	1,4...	4,1...	0	0	0	2,4...	6,2...	0	0
2	350,00000	204,...	8784,00600	20,44800	19,20...	22...	84...	0	31,95000	27...	37...	126...	0	0
3	0	40,...	1728,00600	17,85600	0	4,4...	0	0	27,90000	0	7,4...	0	0	0
4	2631,99960	604,...	25920,00000	0	131,0...	60...	32...	0	0	184...	100...	49...	0	0
5	666,00000	40,...	1728,00000	0	33,15...	4,0...	5,6...	0	0	46...	6,7...	8,4...	0	0
6	0	81,...	3482,41680	0	0	7,4...	0	0	0	0	12...	0	0	0
7	0	49,...	2138,40000	0	0	4,5...	0	0	0	0	7,6...	0	0	0
8	360,00000	603,...	25867,20960	0	21,12...	71...	13...	0	0	29...	118...	19...	0	0
9	300,00000	0	0	0	19,20...	0	0,3	0	0	27...	0	0,45	0	0
10	0	0	0	0	0	0	19...	0	0	0	0	28...	0	0
11	0	71,...	3071,98800	0	0	9,2...	10...	0	0	0	15...	16...	0	0
12	300,00000	0	0	0	19,20...	0	34...	0	0	27...	0	52...	0	0

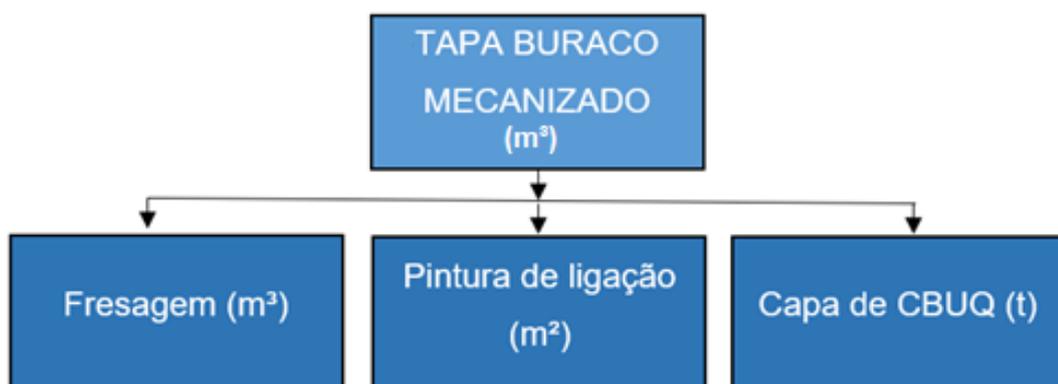
Fonte: A autora (2022).

4.8.4 Quantidades de serviços por tipo de base e capa de rolamento

O quarto processamento de dados foi referente a quantidade de serviços necessários para a realização dos serviços anteriormente calculados. A exemplo, para a realização do tapa buraco ele pode ser realizado de duas maneiras, de forma manual ou mecanizada. Caso seja de forma mecanizada será necessário calcular a quantidade de fresagem, pintura de ligação e CBUQ necessário, caso seja manual, apenas é necessário o cálculo da quantidade de CBUQ que será necessário, conforme demonstrado na FIGURA 73.

Para o exemplo apresentado na figura, para a determinação do volume necessário de tapa buraco a ser implantando em um determinado segmento, é necessário apenas aplicar a equação 2 atribuindo-se o nível de esforço referente ao serviço a ser calculado.

FIGURA 73: QUANTIDADES DE SERVIÇOS POR TIPO DE BASE E CAPA DE ROLAMENTO



Fonte: A autora (2022).

A quantidade anual de serviços é definida pela seguinte equação de acordo com a metodologia SAM:

$$Q_{as} = N_e \times UN_e \quad (2)$$

onde:

Q_{as} = Quantidade anual dos diferentes serviços

N_e = Nível de esforço dos diferentes serviços

UN_e = Unidade de nível de esforço para os diferentes serviços

Os serviços que foram calculados de acordo com a metodologia SAM são apresentados a seguir:

- a) Fresagem: Remoção do pavimento antigo para a execução de um novo (m^3);
- b) Pintura de Ligação: Aplicação de ligante betuminoso para promover aderência (m^2);
- c) CAUQ: Concreto Asfáltico Usinado a Quente (t);
- d) Demolição: Operação em que uma parte do pavimento é removido (m^3);
- e) Imprimação: Aplicação de material asfáltico na superfície para promover aderência, coesão e impermeabilização (m^2);
- f) BGS: Brita Graduada Simples (m^3);
- g) Pintura de Proteção: Aplicação de pintura para evitar a degradação (m^2);
- h) Solo Cimento: Material proveniente de mistura de solo, cimento e água (m^3);
- i) Drenagem superficial Transversal: Captação e remoção das águas no pavimento (m);
- j) Selagem de trincas: Aplicação de asfalto modificado sobre uma trinca (litros)
- k) Microrrevestimento: Utilizado para a reabilitação da superfície da rodovia (m^2)

Portanto, para todos os serviços calculados no processamento anterior, foram calculados estes serviços para a realização deles.

4.8.5 Quantidade de serviço total para os dois anos

O quinto processamento de dados é o somatório total da quantidade de serviços necessários para os dois anos de conservação. Foram então somados os totais de serviços calculados individualmente para os dois anos e totalizados, conforme FIGURA 74.

A quantidade total de serviços é definida pela seguinte equação de acordo com a metodologia SAM:

$$Qas_{total} = \sum (Qas_{ano1} + Qas_{ano2}) \tag{3}$$

onde:

$Qastotal$ = Quantidade de serviço total para os 2 anos

Qas_{ano1} = Quantidade anual de serviços do ano 1

Qas_{ano2} = Quantidade anual de serviços do ano 2

FIGURA 74: QUANTIDADE TOTAL DE SERVIÇOS PARA OS DOIS ANOS DE CONSERVAÇÃO

	TOTAL ANO 1 e 2 - FRESAGEM DESCONTINU 2 - M	QTOTAL ANO 1 e 2 - PINTURA DE LIG. e 2 - F 2 - P	QTOTAL ANO 1 e 2 - CAUQ MANUAL	QTOTAL ANO 1 e 2 - CAUQ MECANICO	A BUR A BUR PA BU PA BU	REPEI	L ANO 1 e 2 - REPERFILAMENTO
1	15,26505	2250,89034	21,75563	21,52555	0	0	61,28607
2	643,29809	63518,67113	734,30989	2114,17802	0	0	2613,77895
3	131,88793	9111,13460	210,16208	1123,53904	0	0	235,94055
4	2130,69493	282470,94507	748,93896	4625,76241	0	0	14936,67718
5	477,67696	53929,53920	161,78429	1032,94042	0	0	3265,57440
6	37,20944	12587,72237	9,72276	89,26295	0	0	370,52950
7	22,84867	7729,56290	5,97032	54,81242	0	0	227,52576
8	640,71074	122110,61227	226,96333	1441,62972	0	0	4418,06261
9	226,81800	22076,21000	60,92280	505,02240	0	0	1388,16000
10	36,17598	904,39950	91,16347	17,36447	0	0	0
11	66,55891	11910,12990	63,74027	120,29388	0	0	326,86013
12	292,33002	23714,01050	226,01309	536,46817	0	0	1388,16000

Fonte: A autora (2022).

A FIGURA 75 apresenta o cálculo dentro do *Python* da quantidade total de serviço necessário para cada trecho.

FIGURA 75: QUANTIDADE TOTAL DE SERVIÇOS PARA OS DOIS ANOS DE CONSERVAÇÃO DENTRO DO PYTHON



```

Terminal Python
CALCULO_MESTRADO.py X
198 E_TOTAL01 = QgsExpression("TOT.A2.1"+"TOT.A1.1")
199 E_TOTAL02 = QgsExpression('0.1')
200 E_TOTAL03 = QgsExpression("TOT.A2.3"+"TOT.A1.3"+"(TOT.A1.9"+"TOT.A2.9)")
201 E_TOTAL04 = QgsExpression("TOT.A2.4"+"TOT.A1.4")+0.2+Qs2.TBMA1+Qs1.TBMA1")
202 E_TOTAL05 = QgsExpression("TOT.A2.4"+"TOT.A1.4")+0.8+("Qs2.TBME1"+"Qs1.TBME1")+0.1)
203 E_TOTAL06 = QgsExpression("TOT.A2.5"+"TOT.A1.5")+0.2+("Qs2.TBMA2"+"Qs1.TBMA2")+2.4')
204 E_TOTAL07 = QgsExpression("TOT.A2.5"+"TOT.A1.5")+0.8+("Qs1.TBME1"+"Qs2.TBME1")+1*2.4')
205 E_TOTAL08 = QgsExpression('0.1')
206 E_TOTAL09 = QgsExpression('0.1')
207 E_TOTAL10 = QgsExpression('0.1')
208 E_TOTAL11 = QgsExpression('0.1')
209 E_TOTAL12 = QgsExpression("Qs2.REPERF2" + "Qs1.REPERF2")
210 E_TOTAL13 = QgsExpression("Qs2.REPERF3" + "Qs1.REPERF3")
211 E_TOTAL14 = QgsExpression("Qs2.LAMASF2" + "Qs1.LAMASF2")
212 E_TOTAL15 = QgsExpression("Qs2.LAMASF3" + "Qs1.LAMASF3")
213 E_TOTAL16 = QgsExpression("TOT.A2.6" + "TOT.A1.6")+0.2')
214 E_TOTAL17 = QgsExpression("TOT.A1.6" + "TOT.A2.6")+0.8')
215 E_TOTAL18 = QgsExpression("TOT.A1.7" + "TOT.A2.7")
216 E_TOTAL19 = QgsExpression("TOT.A1.8" + "TOT.A2.8")+0.2')
  
```

Fonte: A autora (2022).

4.8.6 Valor de conservação calculado para cada trecho

O sexto e último passo do processamento de dados foi o valor final necessário de conservação de cada trecho. Como foi realizado o cálculo da quantidade de cada serviço foi necessário a aplicação de um valor unitário o qual será multiplicado com essa quantidade. O DER/PR disponibiliza anualmente uma planilha de referencial de custos para serviços a qual foi inserida dentro da tabela de atributos. Ao final, a somatória de todos os valores de cada serviço é o valor final da conservação de cada trecho. A FIGURA 76 apresenta o cálculo dentro do *Python* do valor final de cada trecho.

O valor total de conservação para cada serviço é definido pela seguinte equação de acordo com a metodologia SAM:

$$VALOR_{total} = Qas_{total} \times V_{unitário} \quad (4)$$

onde:

$VALOR_{total}$ = Valor total para cada serviço

Qas_{total} = Quantidade de serviço total para os 2 anos

$V_{unitário}$ = Valor unitário para cada serviço

FIGURA 76: VALOR DE CONSERVAÇÃO FINAL DENTRO DO PYTHON

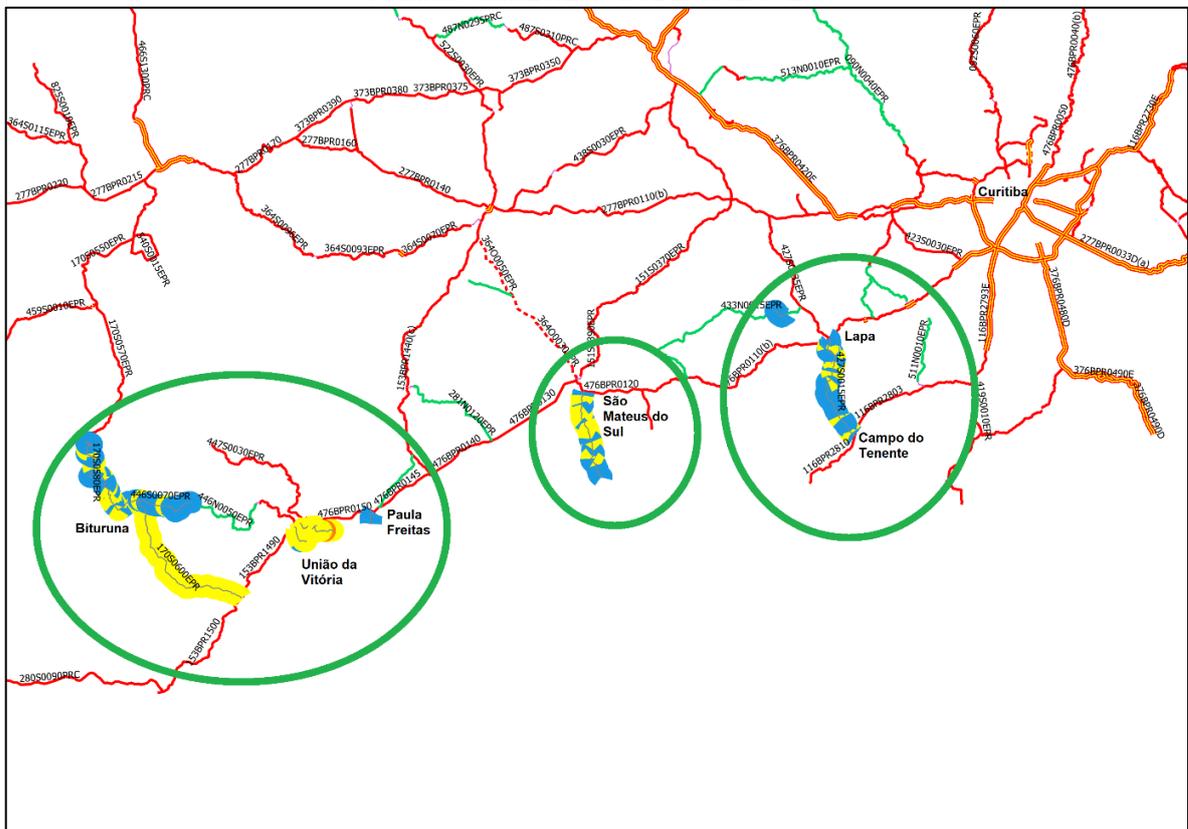
```
Terminal Python
CALCULO_MESTRADO.py
236 E_VALOR_T1 := QgsExpression('to_real(249.99**TOTAL01)')
237 E_VALOR_T2 := QgsExpression('to_real(0)')
238 E_VALOR_T3 := QgsExpression('to_real(0.36**TOTAL03)')
239 E_VALOR_T4 := QgsExpression('to_real(0)')
240 E_VALOR_T5 := QgsExpression('to_real(0)')
241 E_VALOR_T6 := QgsExpression('to_real(253.39**TOTAL06)')
242 E_VALOR_T7 := QgsExpression('to_real(193.44**TOTAL07)')
243 E_VALOR_T8 := QgsExpression('to_real(0)')
244 E_VALOR_T9 := QgsExpression('to_real(0)')
245 E_VALOR_T10 := QgsExpression('to_real(0)')
246 E_VALOR_T11 := QgsExpression('to_real(0)')
247 E_VALOR_T12 := QgsExpression('to_real(0)')
248 E_VALOR_T13 := QgsExpression('to_real(222.41**TOTAL13)')
249 E_VALOR_T14 := QgsExpression('to_real(2.43**TOTAL14)')
250 E_VALOR_T15 := QgsExpression('to_real(3.33**TOTAL15)')
251 E_VALOR_T16 := QgsExpression('to_real(52.14**TOTAL16)')
252 E_VALOR_T17 := QgsExpression('to_real(34.13**TOTAL17)')
253 E_VALOR_T18 := QgsExpression('to_real(0.58**TOTAL18)')
254 E_VALOR_T19 := QgsExpression('to_real(162.96**TOTAL19)')
```

Fonte: A autora (2022).

4.9 VALIDAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS DO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

Como validação dos cálculos programados utilizou-se uma planilha de valores base como conferência. Foram inseridos dentro do SIG trechos que pertencem ao atual programa de conservação COP localizado na região leste do estado do Paraná para ser possível essa validação de valores.

FIGURA 77: TRECHOS DO ATUAL PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO - COP INSERIDOS NO SIG PARA CONFERÊNCIA DE VALORES

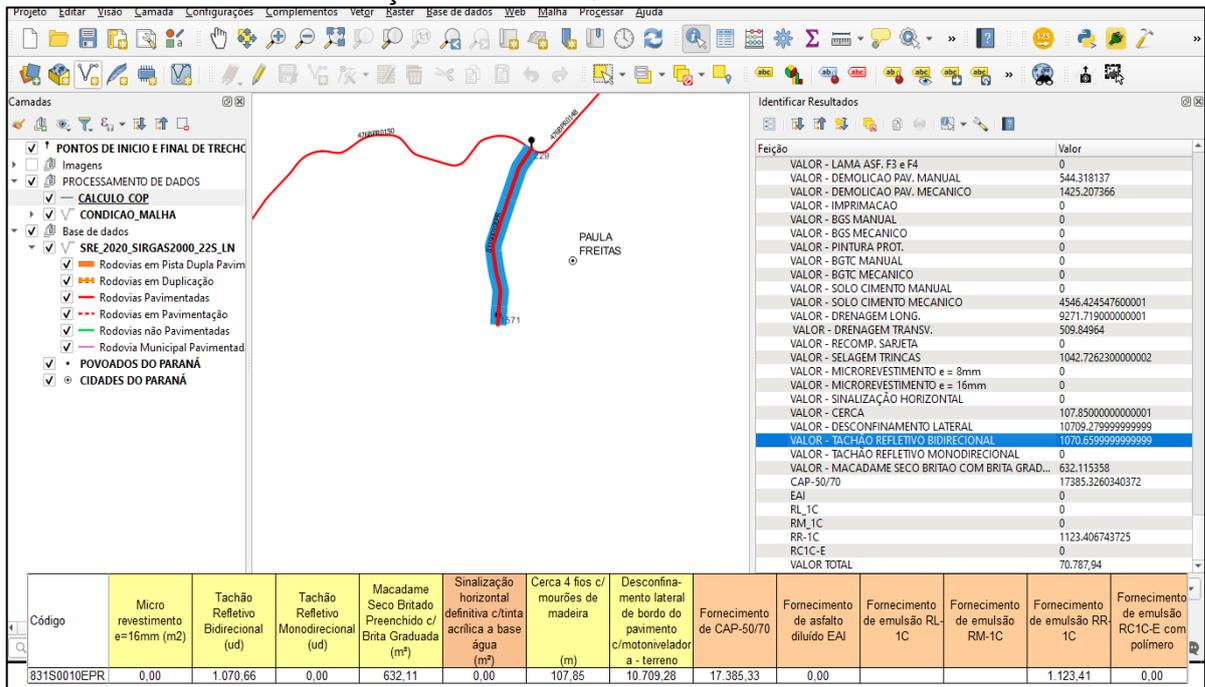


Fonte: A autora (2022).

Os trechos que pertencem a um dos lotes do programa COP localizado na região leste foram inseridos no SIG juntamente com os trechos das rodovias em estudo, conforme destacado na FIGURA 77. Os dados foram programados juntamente, sendo assim possível ser realizado a conferência de cada um das quantidades e valores finais.

A FIGURA 78 demonstra um dos trechos que pertencem ao lote do COP. Todos os valores (quantidades, valores finais) calculados foram conferidos e validados um a um.

FIGURA 78: VALIDAÇÃO DE CADA QUANTIDADE E VALOR PROGRAMADO



Fonte: A autora (2022).

5 RESULTADOS

Neste capítulo será apresentado o resultado do sistema SIG desenvolvido. Será apresentado como é a visualização das imagens e das notas validadas das rodovias e o valor calculado para a conservação dos trechos em estudo.

5.1 VISUALIZAÇÃO DAS IMAGENS E DAS NOTAS DAS RODOVIAS NO SISTEMA SIG

Após a inclusão e configuração de todos os atributos necessários no QGIS foi possível a visualização das imagens capturadas juntamente com a nota validada para a condição do pavimento. Os arquivos inseridos estão na seguinte configuração conforme quadro abaixo, que, ao total somam quatro camadas geométricas de pontos e duas de linhas.

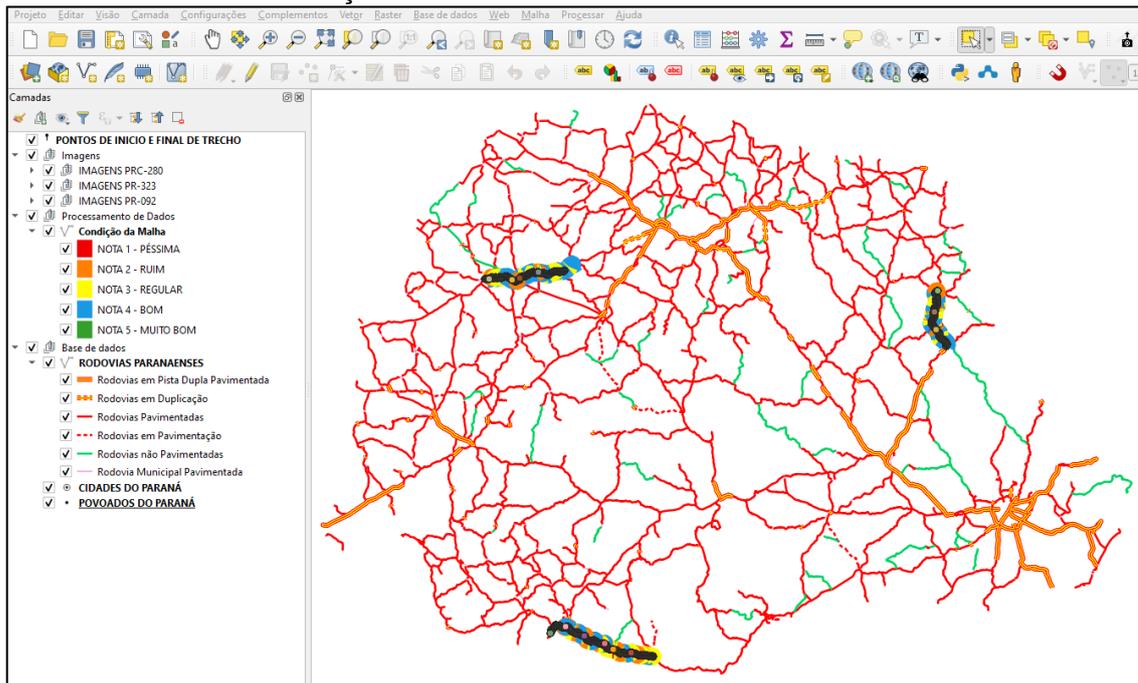
QUADRO 5: QUANTIDADE DE CAMADAS INSERIDAS NO QGIS POR TIPO DE GEOMETRIA

CAMADA	TIPO DE GEOMETRIA
PONTOS DE INÍCIO E FINAL DE TRECHO	PONTO
IMAGENS	PONTO
CONDIÇÃO DA MALHA	LINHA
RODOVIAS PARANAENSES	LINHA
CIDADES DO PARANÁ	PONTO
POVOADOS DO PARANÁ	PONTO

Fonte: A autora (2022).

Ao abrir o *software*, do lado esquerdo da tela encontram-se todos os dados desde as imagens, notas validadas para os trechos, rodovias do estado e, também, a localização das cidades e povoados. É possível verificar também no mapa destacado ao lado direito da tela, os trechos pertencentes ao estudo, conforme apresentado na FIGURA 79.

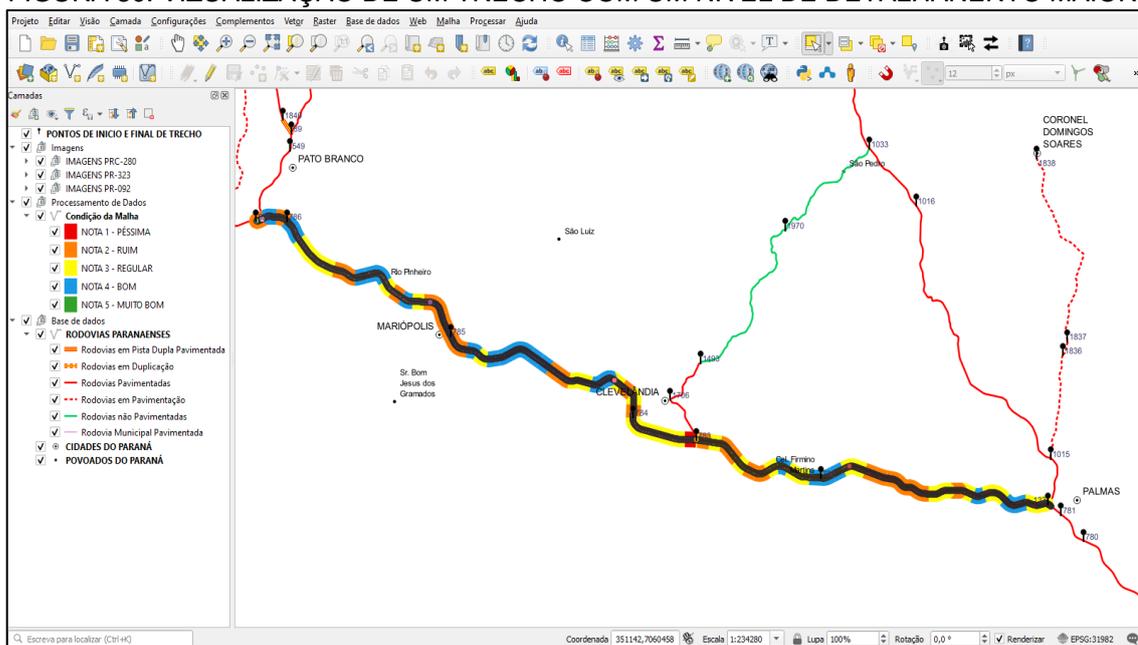
FIGURA 79: VISUALIZAÇÃO FINAL TOTAL DO SISTEMA SIG AO ABRIR O ARQUIVO



Fonte: A autora (2022).

Com a ferramenta de zoom é possível ao aproximar de um trecho, verificar mais nitidamente as cores atribuídas a condição do pavimento naquele trecho, e logo acima da linha, capa ponto representa as imagens georreferenciadas das rodovias, conforme apresentado na FIGURA 80.

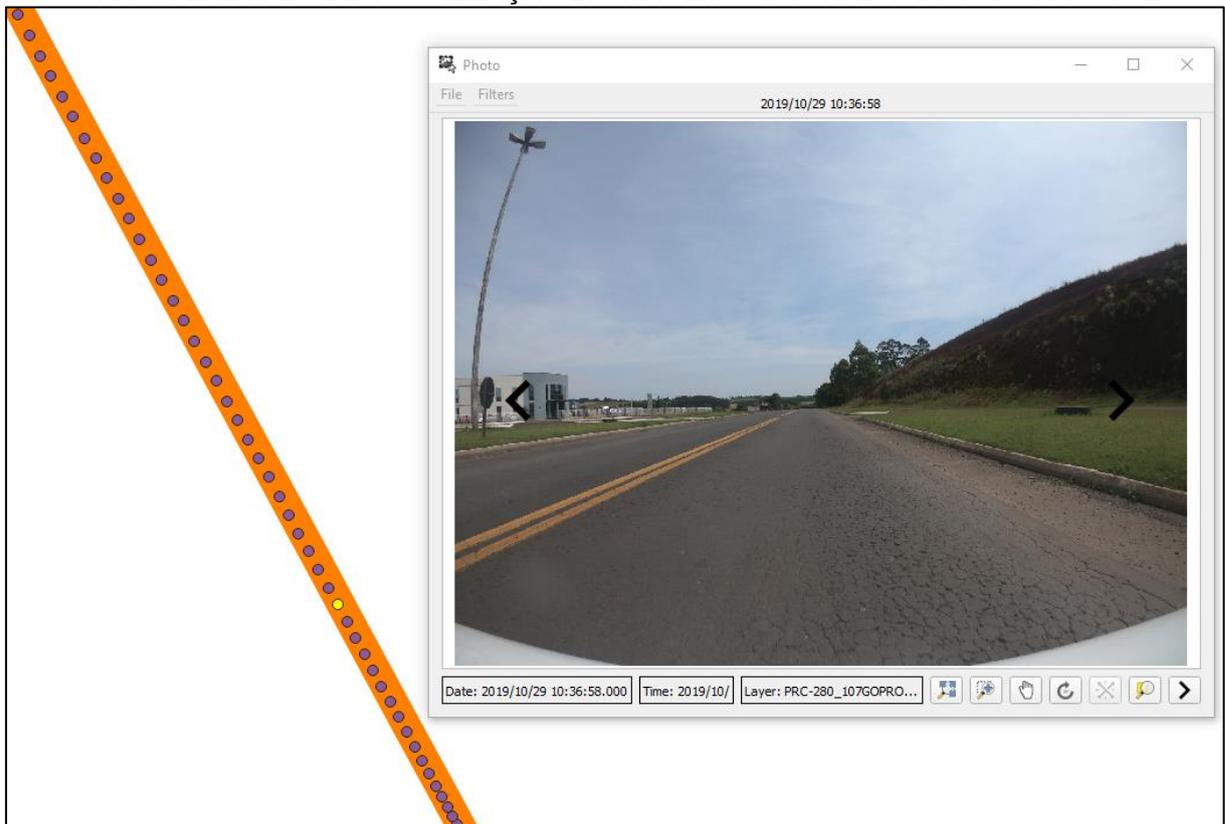
FIGURA 80: VIZUALIZAÇÃO DE UM TRECHO COM UM NÍVEL DE DETALHANENTO MAIOR



Fonte: A autora (2022).

Para a visualização da imagem é necessário apenas clicar no ícone dela na camada da imagem. A FIGURA 81 demonstra um exemplo da rodovia PRC-280 de como é visualizada. A imagem selecionada fica com o ícone em amarelo para ser possível a identificação do local que está sendo visualizado.

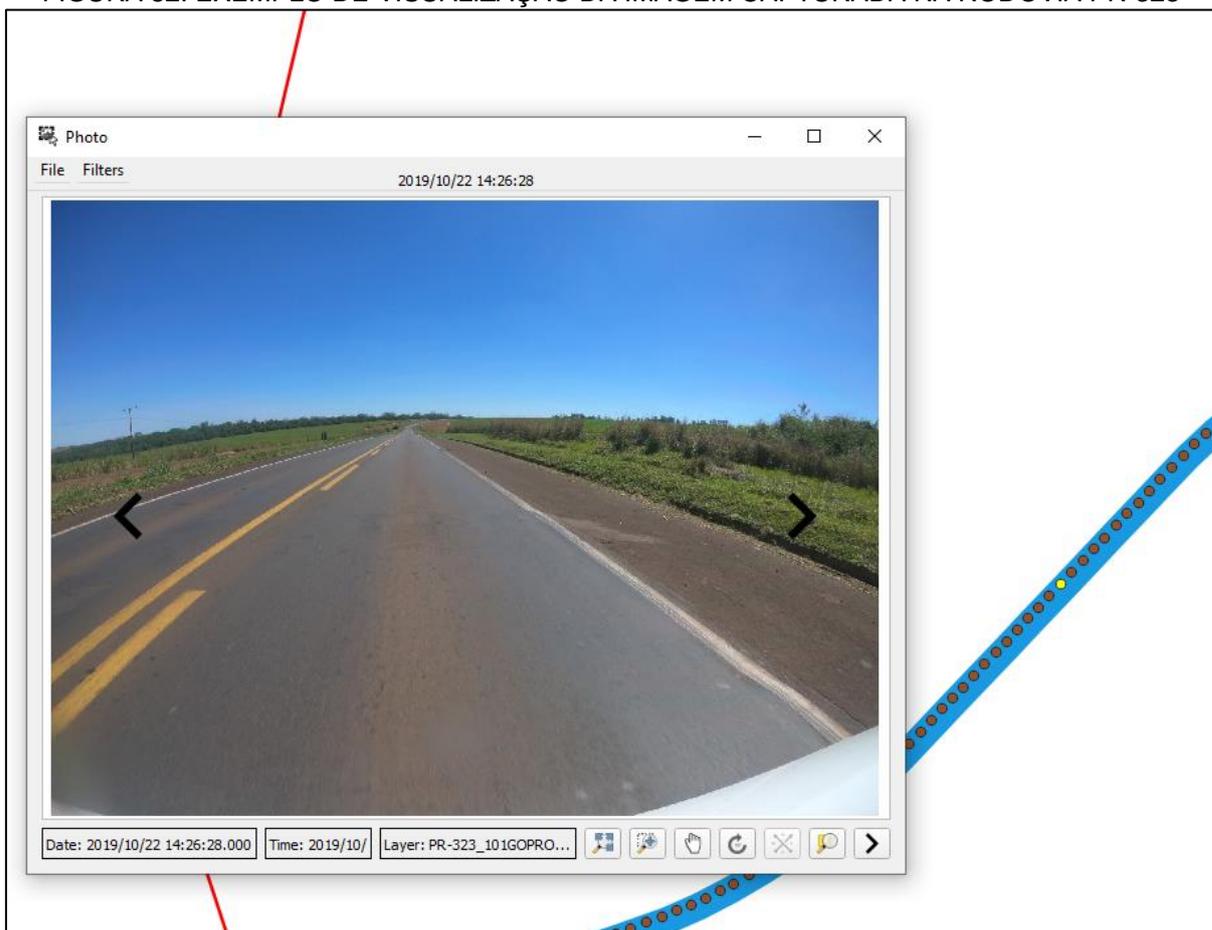
FIGURA 81: EXEMPLO DE VISUALIZAÇÃO DA IMAGEM CAPTURADA NA RODOVIA PRC-280



Fonte: A autora (2022).

A FIGURA 82 demonstra um exemplo da rodovia PR-323 de como é visualizada a imagem ao clicar no ícone dela na camada do SIG.

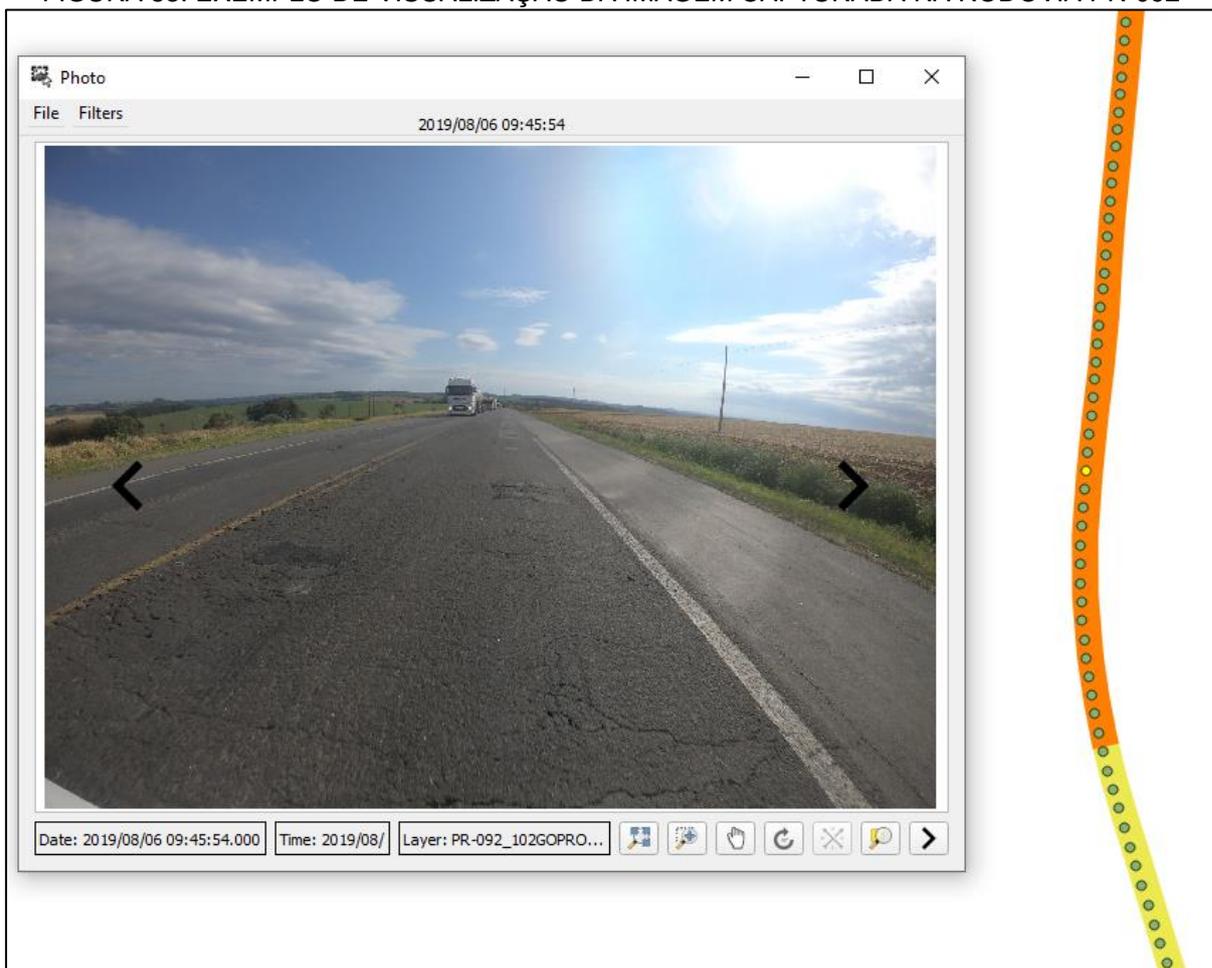
FIGURA 82: EXEMPLO DE VISUALIZAÇÃO DA IMAGEM CAPTURADA NA RODOVIA PR-323



Fonte: A autora (2022).

A FIGURA 83 demonstra um exemplo da rodovia PR-092 de como é visualizada a imagem ao clicar no ícone na camada da imagem do SIG. A imagem selecionada fica com o ícone em amarelo para saber identificar o local que está sendo visualizado.

FIGURA 83: EXEMPLO DE VISUALIZAÇÃO DA IMAGEM CAPTURADA NA RODOVIA PR-092



Fonte: A autora (2022).

5.2 VALOR DA CONSERVAÇÃO PARA CADA TRECHO

Com o processamento de dados realizado para todos os trechos de todas as rodovias em estudo foi possível chegar ao valor final de conservação para eles.

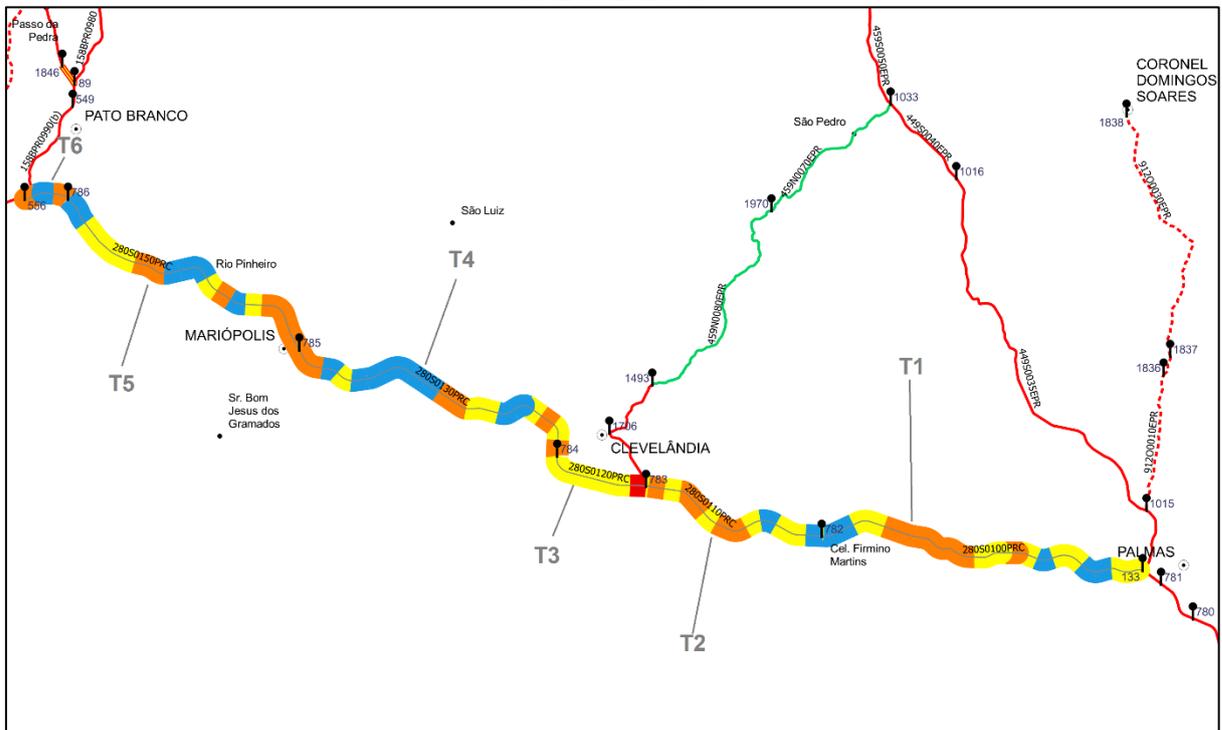
Para o primeiro trecho em estudo, a rodovia que liga a cidade de Palmas a Pato Branco, PRC-280, será necessário um valor total a ser investido de R\$ 48.086.179,70 para dois anos de conservação. A TABELA 3 apresenta o valor calculado para cada código do Sistema Rodoviário Estadual e o valor total de conservação para aquela rodovia e a FIGURA 84 demonstra a localização de cada trecho.

TABELA 3: VALORES DE CONSERVAÇÃO DE CADA TRECHO DA RODOVIA PRC-280

CÓDIGO	EXTENSÃO (km)	VALOR DE CONSERVAÇÃO (R\$)
280S0100PRC (T1)	21,13	12.339.577,67
280S0110PRC (T2)	12,16	8.336.038,07
280S0120PRC (T3)	6,25	4.077.117,82
280S0130PRC (T4)	19,98	9.491.844,49
280S0150PRC (T5)	18,87	11.438.636,35
280S0170PRC (T6)	2,85	2.402.965,30
VALOR TOTAL PARA A CONSERVAÇÃO DE 2 ANOS:		R\$ 48.086.179,70

Fonte: A autora (2022).

FIGURA 84: LOCALIZAÇÃO DOS TRECHOS DA RODOVIA PRC-280 PARA OS VALORES CALCULADOS



Fonte: A autora (2022).

Para o segundo trecho em estudo, a rodovia que liga a cidade de Cianorte a Umuarama, PR-323, será necessário um valor total a ser investido de R\$ 19.087.401,05 para dois anos de conservação. A TABELA 4 apresenta o valor calculado para cada código do Sistema Rodoviário Estadual e o valor total de conservação para aquela rodovia e a FIGURA 85 demonstra a localização de cada trecho.

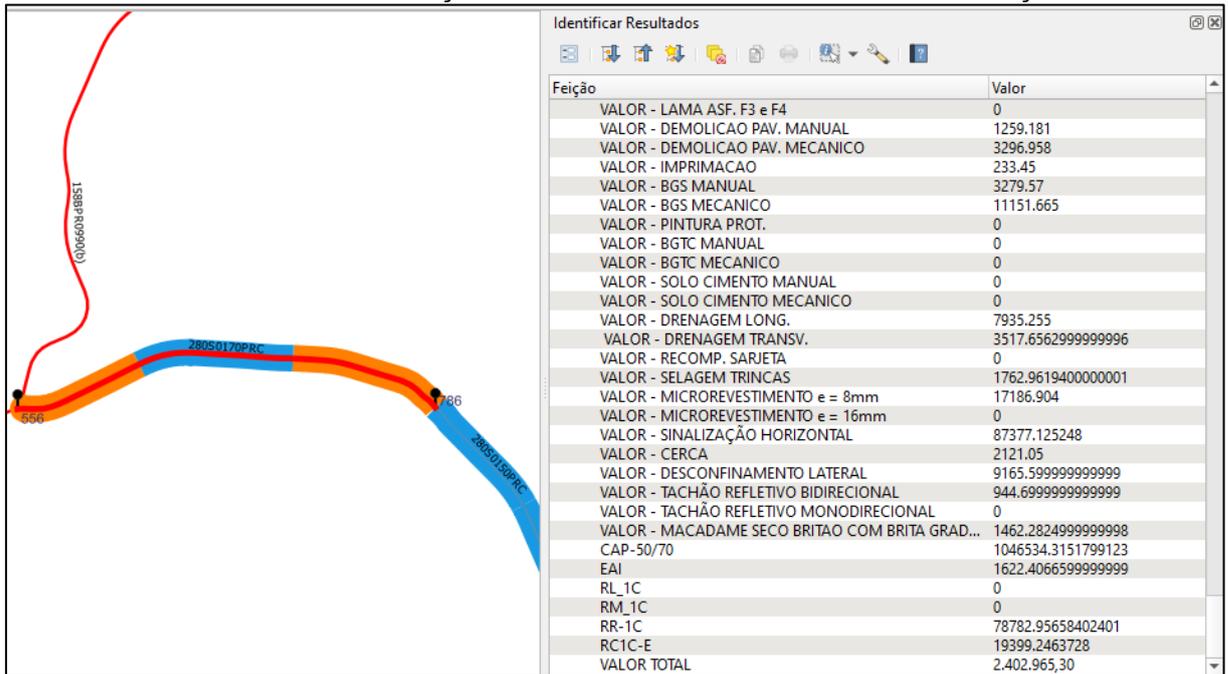
Para o terceiro trecho em estudo, a rodovia que liga a cidade de Jaguariaíva a Wenceslau Braz – PR-092, será necessário um valor total a ser investido de R\$ 22.746.614,10 para dois anos de conservação. A TABELA 5 apresenta o valor calculado para cada código do Sistema Rodoviário Estadual e o valor total de conservação para aquela rodovia e a FIGURA 86 demonstra a localização de cada trecho.

TABELA 5: VALORES DE CONSERVAÇÃO DE CADA TRECHO DA RODOVIA PR-092

CÓDIGO	EXT. (km)	VALOR DE CONSERVAÇÃO (R\$)
092S0130EPR (T1)	0,69	77.864,32
092S0140EPR (T2)	17,71	3.808.931,03
092S0150EPR (T3)	0,62	1.329.860,45
092S0160EPR (T4)	20,32	9.962.181,09
092S0170EPR (T5)	10,05	6.250.897,78
092S0175EPR (T6)	3,14	1.316.879,43
092S0180EPR (T7)	1,39	
VALOR TOTAL PARA A CONSERVAÇÃO DE 2 ANOS:		R\$ 22.746.614,10

Fonte: A autora (2022).

FIGURA 87: VISUALIZAÇÃO DO VALOR CALCULADO DE CONSERVAÇÃO



Fonte: A autora (2022).

Ainda na FIGURA 87 é possível observar que para o trecho selecionado, o valor total de conservação calculado para dois anos foi de R\$ 2.402.965,30.

A FIGURA 88 apresenta as tabelas extraídas do *software* e correspondem a todos os serviços calculados para os trechos em estudo. Como a planilha ficou extensa, as figuras estão em forma sequencial apresentando o valor de todos os serviços calculados.

FIGURA 88: TABELA COMPLETA DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA OS SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO PÓS PROCESSAMENTO NO QGIS

INÍCIO - PARTE 1													
TRECHO	BASE	REVESTIMENTO	TMDA	LARG. PISTA	LARG. ACOST.	VALOR FRESAGEM DESCONTINUA	VALOR MICRO FRESAGEM	VALOR PINTURA DE LIG.	VALOR PMFD MANUAL	VALOR PMFD MECANICO	VALOR CAUQ MANUAL	VALOR CAUQ MECANICO	
1	092S0130EPR	BG	CAUQ	5312	7,00	2,50	3816.10	0	810.32	0	0	5512.65	4163.90
2	092S0140EPR	BG	CAUQ	5312	7,00	2,50	160818.08	0	22866.72	0	0	186066.78	408966.59
3	092S0150EPR	BG	CAUQ	5312	7,00	2,50	32970.66	0	3280.00	0	0	53252.96	217337.39
4	092S0160EPR	BG	CAUQ	4340	7,20	2,50	362169.86	0	86541.23	0	0	210497.59	885391.60
5	092S0170EPR	BG	CAUQ	4340	7,20	2,50	265491.09	0	61663.72	0	0	98311.07	452726.30
6	092S0180EPR	BG	CAUQ	3127	6,00		58420.29	0	10369.51	0	0	21516.57	95239.36

PARTE 2									
TRECHO	VALOR TAPA BURACO PMFD MECANICO	VALOR TAPA BURACO PMFD MANUAL	VALOR TAPA BURACO CAUQ MANUAL	VALOR REPERFILAMENTO PMFD	VALOR REPERFILAMENTO CAUQ	VALOR LAMA ASF. F1 e F2	VALOR LAMA ASF. F3 e F4	VALOR DEMOLICAO PAV. MANUAL	
1	092S0130EPR	0	0	0	0	13630.63	0	0	173.23
2	092S0140EPR	0	0	0	0	581330.57	0	0	34010.20
3	092S0150EPR	0	0	0	0	52475.53	0	0	26517.62
4	092S0160EPR	0	0	0	0	2166616.26	0	0	50337.06
5	092S0170EPR	0	0	0	0	1724848.26	0	0	4681.21
6	092S0180EPR	0	0	0	0	429149.52	0	0	427.63

PARTE 3										
TRECHO	VALOR DEMOLICAO PAV. MECANICO	VALOR IMPRIMACAO	VALOR BGS MANUAL	VALOR BGS MECANICO	VALOR PINTURA PROT.	VALOR BGTC MANUAL	VALOR BGTC MECANICO	VALOR SOLO CIMENTO MANUAL	VALOR SOLO CIMENTO MECANICO	VALOR DRENAGEM LONG.
1	092S0130EPR	453.59	32.11	451.19	1534.23	0	0	0	0	1921.16
2	092S0140EPR	89050.11	6305.43	88580.47	301204.04	0	0	0	0	49309.95
3	092S0150EPR	69432.03	4916.32	69065.84	234847.62	0	0	0	0	1726.26
4	092S0160EPR	131799.30	9332.40	131104.201	445799.33	0	0	0	0	56576.97
5	092S0170EPR	12256.98	867.88	12192.34	41458.16	0	0	0	0	36724.91
6	092S0180EPR	1119.69	79.28	1113.79	3787.27	0	0	0	0	3870.17

PARTE 4										
TRECHO	VALOR DRENAGEM TRANSV.	VALOR RECOMP. SARIETA	VALOR SELAGEM TRINCAS	VALOR MICROREVESTIMENTO e = 8mm	VALOR MICROREVESTIMENTO e = 16mm	VALOR SINALIZACAO HORIZONTAL	VALOR CERCA	VALOR DESCONFINAMENTO LATERAL	VALOR TACHAO REFLETIVO BIDIRECIONAL	
1	092S0130EPR	529.56	0	291.48	4607.39	0	3710.01	71.9	2219.04	251.92
2	092S0140EPR	85936.74	0	6249.35	72031.51	0	98091.78	2840.05	56955.35	5605.21
3	092S0150EPR	64985.29	0	293.48	13822.37	0	12391.19	611.150	1993.91	251.92
4	092S0160EPR	126289.24	0	9849.07	355620.32	0	407697.17	6399.1	65349.11	6423.96
5	092S0170EPR	13474.73	0	6713.33	212790.24	0	290594.61	4709.45	42419.03	4156.67
6	092S0180EPR	1259.27	0	889.32	2106.68	0	47740.35	1042.55	4470.24	440.85

PARTE 5 - FINAL									
TRECHO	VALOR TACHAO REFLETIVO MONODIRECIONAL	VALOR MACADAME SECO BRITAO COM BRITA GRADUADA	CAP-50/70	EAI	RL_1C	RM_1C	RC1C-E	VALOR TOTAL	
1	092S0130EPR	0	201.17	24715.55	223.20	0	0	5200.47	77.864.32
2	092S0140EPR	0	39495.93	1294243.46	43820.85	0	0	81303.59	3.808.931,03
3	092S0150EPR	0	30794.82	375816.54	34166.94	0	0	15601.62	1.329.860,45
4	092S0160EPR	0	58456.25	3571995.65	64857.38	0	0	401396.68	9.962.181,09
5	092S0170EPR	0	5436.27	2462660.32	6031.56	0	0	240181.14	6.250.897,78
6	092S0180EPR	0	496.61	588346.15	550.99	0	0	2377.86	1.316.879,43

Fonte: A autora (2022).

6 CONCLUSÕES

Diante da necessidade que o DER/PR possuía da criação de um sistema de apoio para o auxílio da avaliação das rodovias do estado, com trabalho proposto foi possível a obtenção da situação atual da malha estadual através do auxílio de imagens georreferenciadas que foram levantadas em campo.

Com o levantamento realizado em campo, o qual obteve as imagens georreferenciadas das rodovias, foi possível em escritório a inserção delas dentro do sistema SIG e com o auxílio delas um segundo técnico verificou as notas atribuídas pelo primeiro avaliador em campo, validando-as ou corrigindo-as quando necessário.

Diante disso, foi possível testar a aplicabilidade da ferramenta como um método para a tomada de decisão em escritório sem a necessidade de ir-se à campo, pois as imagens além de ser uma ferramenta de validação quanto a dúvidas do estado do pavimento ela contribuiu também na análise e verificação dos outros elementos da pista tais como, sinalização, acostamentos, ocupação da faixa de domínio dentre outros.

Foi criado também um banco de dados robusto dentro do SIG e com isso, viu-se a possibilidade da aplicação da metodologia de cálculo utilizada pelo DER para determinação dos valores necessários para a conservação das rodovias do estado, calculando então um custo necessário para a conservação delas.

Realizou-se através de processamento interno no sistema todos os passos seguindo a metodologia de cálculo que, ao final, foi possível além da verificação através das imagens da atual condição do pavimento, visualizar o valor calculado para a conservação daquele segmento.

Com os custos de conservação extraídos de dentro do sistema, foi possível realizar uma comparação entre dois códigos com extensões parecidas, porém a nota atribuída para cada um deles é diferente, conforme é possível observar na TABELA 6.

TABELA 6: PERCENTUAL DA DIFERENÇA ENTRE VALORES DE CONSERVAÇÃO

CÓDIGO	EXTENSÃO TOTAL (km)	DIFERENÇA (km)	NOTA KM		VALOR DE CONSERVAÇÃO
			1	2	
323S0290EPR	1,22	0,17	4	2	R\$ 530.663,04
323S0332EPR	1,05		2	4	R\$ 1.030.147,09
DIFERENÇA ENTRE VALORES DE CONSERVAÇÃO					48%

Fonte: A autora (2022).

É possível observar que a diferença de extensão entre os dois trechos é pequena de apenas 170 metros e por isso, eles foram escolhidos para a realização desta comparação.

O primeiro trecho de código 323S0290EPR possui uma extensão de 1,22 quilômetros e as notas atribuídas a ele foram 4 (para o primeiro quilômetro) e 2 (para os 220 metros finais). Já para o segundo código 323S0332EPR de 1,05 quilômetros, as notas foram 2 (para o primeiro quilômetro) e 4 (para os 50 metros finais). Observe o grande aumento no custo para a conservação de um trecho quando a nota varia de 4 para 2, um acréscimo de aproximadamente 50% do valor para a conservação de dois trechos de extensões parecidas, porém com um nível de condição de pavimento dessemelhantes. Isso apenas ressalta a importância da implantação dos programas de conservação para impedir que o pavimento chegue a um nível ruim de trafegabilidade e por consequência seja necessário um maior custo para a sua manutenção futura.

A geração deste sistema trouxe grande auxílio para o DER/PR pois com ela foi possível de uma forma mais rápida visualizar os dados atualizados, aumentando a acurácia das informações que passou a ser realizada de forma menos manual, além de que, com ela foi possível estabelecer um controle técnico mais preciso das necessidades e custos para cada trecho rodoviário através do banco de dados que foi criado dentro do SIG, o qual poderá ser constantemente atualizado.

Toda o sistema foi desenvolvido em ambiente SIG e está disponível para consulta aos servidores do órgão, e com isso tornou-se um método rápido e fácil para a tomada de decisão em escritório sem a necessidade de ir-se à campo e, formando um banco de dados das rodovias para consultas e atualizações.

É importante ressaltar que a ferramenta desenvolvida deve haver uma atualização constante de seu banco de dados, principalmente quanto as imagens

georreferenciadas. É importante manter um cadastro e atualização frequente da situação das rodovias a fim de possuir no banco de dados a situação histórica da superfície da malha.

Outra questão importante é a capacitação de outros profissionais quanto a gestão e atualizações da ferramenta para manter a constante manutenção e adaptações futuras necessárias.

6.1 Sugestões de trabalhos futuros

Uma sugestão para a continuação do trabalho seria através do banco de dados que foi gerado dentro do SIG ser possível por meio de programações internas gerar automaticamente relatórios de IGGE (Índice de Gravidade Global Expedito), o qual em função da frequência dos defeitos existentes no pavimento é possível determinar através de apontadores e cálculos o índice do estado que rodovia se encontra, aplicando as normas do DNIT.

Outra possibilidade de trabalhos futuros seria através das imagens georreferenciadas realizar o inventário de demais dispositivos existentes na via tais como:

- a) Inventário dos seguimentos críticos;
- b) Inventário das interseções e acessos;
- c) Inventário das travessias urbanas e contornos rodoviários;
- d) Inventário das obras de artes especiais;
- e) Inventário da ocupação da faixa de domínio e
- f) Inventário da necessidade da sinalização vertical e horizontal

Estes levantamentos poderiam ser realizados tanto de forma manual como também por inteligência artificial, o que resultaria na atualização do cadastro rodoviário e no complemento das informações dentro do banco de dados das rodovias do estado.

REFERÊNCIAS

AASHTO. **Guidelines for Pavement Management Systems**. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C, 1990.

ABDER. Manutenção de rodovias pode ser paga de acordo com serviços realizados com qualidade. **Associação brasileira dos departamentos estaduais de estradas de rodagem**. Brasília, n. 90, p. 02-04, setembro/outubro 2011. Disponível em: <<http://www.coweb.com.br/arq/arq3726.pdf>>. Acesso em: 14 abril 2020.

ABTLP. **DNIT firma contratos para levantamento de dados e caracterização funcional e estrutural das rodovias federais**. Disponível em: < <http://www.abtlp.org.br/index.php/dnit-firma-contratos-para-levantamento-de-dados-e-caracterizacao-funcional-e-estrutural-das-rodovias-federais/>>. Acesso em: 11 março 2022.

ACIL. **Trecho crítico da PR-092 será anexado ao Anel de Integração**. Associação comercial e industrial de Londrina, setembro 2020. Disponível em: < <http://acil.com.br/noticias/trecho-critico-da-pr-092-sera-anexado-ao-anel-de-integracao>>. Acesso em: 19 julho 2021.

AEN. **DER analisa propostas para ampliação da capacidade da PRC-280**. Agência de Notícias do Paraná, Infraestrutura e Logística, dezembro 2020. Disponível em: < <https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=110221>>. Acesso em: 19 julho 2021.

AEN. **Primeira parte da duplicação da PR-323 é liberada para o tráfego**. Agência de Notícias do Paraná, Infraestrutura e Logística, fevereiro 2021. Disponível em: < <https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=110882>>. Acesso em: 19 julho 2021.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO PARANÁ. **Conservação de rodovias estaduais recebeu R\$ 336,4 milhões**. Infraestrutura e Logística do Paraná, Curitiba, Paraná, 2019. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=105169&tit=Conservacao-de-rodovias-estaduais-recebeu-R-3364-milhoes>>. Acesso em: 24 agosto 2020.

AKISHINO, J. **Conservação Rodoviária. Programa de Integração e Capacitação aos Engenheiros e Técnicos admitidos pelo DER/PR em 2007**. Curitiba, Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/RHTemp/Conservacao deRodovias_JorgeAkishino.pdf>. Acesso em: 15 abril 2020.

BLOG LOGÍSTICA. **As principais rodovias do Brasil**. 2017. Disponível em: < <https://www.bloglogistica.com.br/infraestrutura/as-principais-rodovias-do-brasil/>>. Acesso em: 20 abril 2020.

BHANDARY, N. P; YATABE, R.; PANTHA, B.R. GIS-based highway maintenance prioritization model: an integrated approach for highway maintenance in Nepal mountains. **Elsevier, Journal of Transport Geography**. Escola de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia, Universidade Ehime, Bunkyo-cho, Matsuyama, Japão 2010.

BRASIL ESCOLA. **Segundo Reinado**. Disponível em: < <https://brasilescola.uol.com.br/historiab/segundo-reinado.htm>>. Acesso em: 16 abril 2020.

BUSSELL, L.C; KHWAJA, N.; BRIEN, W.J.O. **GIS-based visualization of integrated highway maintenance and construction planning: a case study of Fort Worth, Texas**. Departamento de Engenharia Civil, Arquitetônica e Ambiental, Universidade do Texas, Austin, Estados Unidos, 2017.

CARGOBR. **As maiores rodovias brasileiras**. Março, 2019. Disponível em: < <https://blog.cargobr.com/as-maiores-rodovias-brasileiras/>>. Acesso em: 21 abril 2020.

CARLUC. **Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ**. 15 de novembro de 2020. Disponível em: < <https://carluc.com.br/materiais/concreto-betuminoso-usinado-a-quente-cbuq/>>. Acesso em: 13 março 2021.

CEPAL. **Caminos: Um Nuevo enfoque para la gestion y conservacion de redes viales**. 246p. 1ª revisão. Naciones Unidas, Comision Economica para America Latina el Caribe. Santiago de Chile, 1994.

CNT. Pesquisa CNT de rodovias 2019. **Confederação nacional do transporte**. 2019 Disponível em: < https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/resumo_de_imprensa.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.

DER. **Mapas Rodoviários 2020**. Disponível em: < <http://www.der.pr.gov.br/Pagina/mapas-Rodoviaros-2020>>. Acesso em: 11 janeiro 2021.

DER. **Mapas Rodoviários 2021**. Disponível em: < <http://www.der.pr.gov.br/Pagina/mapas-Rodoviaros-2020>>. Acesso em: 05 julho 2021.

DER. **Missão / Atribuições**. Disponível em: < <http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=36>>. Acesso em: 30 março 2020.

DER. **Manual de procedimentos de administração usados pela Diretoria de Manutenção do DER/PR.** 281p. Circular n.355 de 1982. Secretaria de Transportes, 1982.

DER. **Revista 40 anos do DER-PR.** 30p. Secretaria de Estado dos Transportes. Departamento de Estradas de Rodagem. Curitiba: Total Editora, 1986.

DER. **Revista 60 Anos uma Longa Estrada.** 60p. Secretaria de Estado dos Transportes. Departamento de Estradas de Rodagem. Curitiba: Total Editora, 2006.

DER/MG. **DER-MG utilizará tecnologia de ponta para realizar diagnóstico das rodovias estaduais.** Disponível em: < <http://www.der.mg.gov.br/noticias/2786-der-mg-realizara-diagnostico-das-rodovias-estaduais-por-meio-de-escaneamento-a-laser> >. Acesso em: 11 março 2022.

DNIT. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento, NORMA DNIT 006/2003 – PRO.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa - IPR. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia NORMA DNIT 005/2003.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa - IPR. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT. **DNIT dá início a levantamento de dados e caracterização funcional e estrutural das rodovias federais.** Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-da-inicio-a-levantamento-de-dados-e-caracterizacao-funcional-e-estrutural-das-rodovias-federais>>. Acesso em: 23 novembro 2021.

DNIT. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos Procedimento, NORMA DNIT 008/2003 – PRO.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa - IPR. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT. **Manual de Conservação Rodoviária.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 564p. IPR publicação 710, 2ª ed., Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. **Manual de estudos de tráfego.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 384p. IPR publicação 723, Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 189p. IPR publicação 745, Rio de Janeiro, 2011.

DONG-PO HE; LI QIU-SHI. **Application of GIS in Highway Maintenance Management**. Programa de Engenharia Civil, Universidade Northeast Forestry. Harbin, 2012.

DYNATEST. **Saiba como funciona o Multisensor Manager, fundamental para tomada de decisão na área de ativos rodoviários**. 15 de out. de 2020. Disponível em: <<http://dynatest.com.br/saiba-como-funciona-o-multisensor-manager-fundamental-para-tomada-de-decisao-na-area-de-ativos-rodoviaros/>>. Acesso em: 01 dezembro 2021.

ENGEFOTO. **Sistema de Informações Geográficas (SIG) – Porto Novo**. Disponível em: <https://www.engefoto.com.br/port/sig-porto-novo/>>. Acesso em: 01 dezembro 2021.

FERNANDES, R.T.V; CABRAL, A.F.; DANTAS, G.C.B. **Mapeamento de manifestações patológicas em pavimento asfáltico por meio de uso de drones**. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/348157175_Mapeamento_de_manifestacoes_patologicas_em_pavimento_asfaltico_por_meio_de_uso_de_drones>. Acesso em: 14 março de 2022.

FIGUEIREDO, D.; PITZ, J.C. **Sistemas de Informações Geográficas**. 3 p. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, 2001. Disponível em: < <http://www.inf.ufsc.br/~j.barreto/trabaluno/ICCPitz20011.pdf>>. Acesso em: 27 setembro 2020.

GAO, R.; FENG, Z.; ZHANG, H. **Research and Development of Intelligent Decision System for Highway Maintenance Based on GIS**. 4p. Conferência Internacional sobre Engenharia Eletrônica e Mecânica e Tecnologia da Inovação, Faculdade de Informação e Gestão, Universidade Henan Agricultural. China, 2011.

GAZETA DO POVO. **Por dívida de 2002, Paraná “herdará” 945 quilômetros de rodovias federais**. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/por-divida-de-2002-parana-herdara-945-quilometros-de-rodovias-federais-56by33ddwqb5k41tpw4v4en9v/>>. Acesso em: 22 novembro 2021.

GEOINFO. **Mapa de solos do Brasil**. Disponível em: < http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104>. Acesso em: 24 novembro 2021.

GEOSENSE. **O que é um Sistema de Informação Geográfica (SIG)**. Disponível em: < <https://geosense.net.br/2020/06/17/o-que-e-um-sistema-de-informacao-geografica-sig/> >. Acesso em: 08 janeiro 2022.

GOVERNO DE BRASÍLIA. **Manual de planejamento e procedimentos das atividades de conservação rodoviária executadas pelos distritos rodoviários do departamento de estradas de rodagem do distrito federal – DER/DF**. 126p. 2ª versão, DER/DF, 2016. Disponível em: <http://www.der.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/Manual_de_Procedimentos_e_Padronizacao.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.

GOVERNO DO PARANÁ. **Sistema Rodoviário Estadual de 2018**. Secretaria de Infraestrutura e Logística. 135p. Paraná, 2018. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos_restritos/files/documento/201911/sre_2018.pdf>. Acesso em: 28 agosto 2020.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Governo finaliza levantamento de dados dos serviços de inspeção em rodovias pavimentadas**. Disponível em: < <https://www.to.gov.br/noticias/governo-finaliza-levantamento-de-dados-dos-servicos-de-inspecao-em-rodovias-pavimentadas/1dtaa23n6m23> >. Acesso em 11 março 2022.

HOLLERWEGER, M. M. **Aplicação de Visão Computacional no Auxílio ao Levantamento de Defeitos em Pavimento Rodoviário**. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197796> >. Acesso em: 14 março 2022.

IAT. **Dados geoespaciais de referência**. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-geoespaciais-de-referencia>>. Acesso em: 11 janeiro 2021.

INFRAESTRUTURA. **Síntese – Setor Rodoviário**. Disponível em: < <https://www.infraestrutura.gov.br/component/content/article.html?id=5341> >. Acesso em: 19 abril 2020.

INSTRUÇÃO DE SERVIÇO. **INSTRUÇÃO DE SERVIÇO Nº 18/2019/DNIT, de 18 de setembro de 2019**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 40p. Brasília, 2019. Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/instrucoesnormativas/instrucoes-de-servicos/2019/instrucao-de-servico-18-2019colegiadacriterios-e-procedimentos-a-contratacao-do-pato-ba-187-de-26-09-2019.pdf> >. Acesso em: 20 maio 2020.

IOCHPE, C; FILHO, J.L. **Introdução a sistemas de informações geográficas com ênfase em banco de dados**. 53p. Departamento de computação, Universidade de Buenos Aires. Argentina, 1996.

LABTRANS. **Ferramenta e Metodologia de Apoio ao Levantamento do Índice de Condição de Manutenção (ICM)**. Disponível em: <<https://www.labtrans.ufsc.br/ferramenta-e-metodologia-de-apoio-ao-levantamento-do-indice-de-condicao-de-manutenc-ao-icm/>>. Acesso em: 01 dezembro= 2021.

LAJES NOTÍCIAS. **Moradores de Anita Garibaldi e Celso Ramos conhecem projeto da SC-390**. 2013. Disponível em: <<http://lagesnoticias.blogspot.com/2013/05/moradores-de-anita-garibaldi-e-celso.html>>. Acesso em: 20 maio 2020.

LIMA, D.C.; CALIJURI, M. L.; CARVALHO, C. A. B. DE; DA SILVA, T. O. Sistemas de informações geográficas como suporte à gerência de manutenção de rodovias vicinais não pavimentadas. **Revista Brasileira de cartografia**, 9p., v. 61, n. 3, 2009.

MACHADO, D.M.C. **Avaliação de normas de identificação de defeitos para fins de gerência de pavimentos flexíveis**. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MEDEIROS, J.S. DE; CÂMARA G. **Modelagem de dados em geoprocessamento**. 35p. Curso (Processamento para Projetos Ambientais), 2ª edição, São José dos Campos, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/2modelo.pdf>. Acesso em: 27 setembro 2020.

MEDINA, J. DE; MOTTA, L.M.G. DA. **Mecânica dos Pavimentos**. 632p. 1ª ed. Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro, 1997.

MONTEIRO, A. M. V.; DAVIS, C.; CÂMARA, G. **Introdução à ciência da geoinformação**. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2001, 345p.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Primeiro Reinado**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/historiadobrasil/primeiro-reinado.htm>>. Acesso em: 17 abril 2020.

NADDAF-SH, M.; HOSSEINI, S.; ZHANG, J.; BRAKE N.A.; ZARGARZADEH H. **Real-Time Road Crack Mapping Using an Optimized Convolutional Neural Network**. 18p. Departamento de Engenharia Eletrônica, Civil e Ciência da Computação, Universidade de Lamar, Beaumont, Texas, Estados Unidos, 2019.

NOGUEIRA, R. E. **Cartografia: Representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. 313p. Florianópolis, SC. Editora da UFSC. 2ª Edição. 2008.

OCPNEWS. **Software catarinense 'lê' as rodovias e aponta os melhores investimentos para torná-las mais seguras.** Disponível em: < <https://ocp.news/geral/software-catarinense-le-as-rodovias-e-aponta-os-melhores-investimentos-paratornalas-mais-seguras>>. Acesso em: 11 março 2022.

PARENTE, D.C; FELIX, N.C; PICANÇO, A.P. **Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico.** Disponível em: < http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352017000200160&lng=es&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 14 março 2022.

PAVESYS. **Avaliação de 10.000 km da rede pavimentada do DEINFRA/SC.** Disponível em: < <http://pavesys.com.br/avaliacao-de-10-000-km-da-rede-pavimentada-do-deinfrac/>>. Acesso em: 23 novembro 2021.

PRADA, R. O que é Plugin? **Tecmundo**, 28 de ago. de 2008. Disponível em: < <https://www.tecmundo.com.br/hardware/210-o-que-e-plugin-.htm>>. Acesso em: 11 janeiro 2021.

PEIXOTO, J.B. **Os Transportes no atual desenvolvimento do Brasil.** 334p. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1977.

PREGO, A.S.S. DA. **A Memória da Pavimentação no Brasil.** 640p. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

PROCESSAMENTO DIGITAL. **Lançamento da versão 3.0 QGis.** 2018. Disponível em: < <http://processamentodigital.com.br/2018/03/13/lancamento-da-versao-3-qgis/>>. Acesso em: 27 setembro 2020.

QUEIROZ, C.; HUDSON, H.R. HAAS, R. **“Standardization of Pavement Management Systems in Brazil and Other Developing Countries”.** Transportation Research Record 1344, Washington DC/USA – p.31-37, 1992.

REIS, C.A.R. **Desenvolvimento de equipamento e método para levantamento visual contínuo com vídeo-registro de defeitos de pavimentos rodoviários.** 187p. Dissertação (Mestre em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, Rio de Janeiro, 2007.

RESENDE, M. R; BERNUCCI, L.L.B.; QUINTANILHA, J.A. Monitoring the condition of roads pavement surfaces: proposal of methodology using hyperspectral images. **Journal of Transport Literature**, Vol. 8, n. 2, p. 201-220, 2014.

RYDHOLM, T.C; LUHR, D.R. **Visualizing pavement management data at the project level**. 17p. 9ª Conferência Internacional sobre Gerenciamento de Ativos de Pavimentação, Alexandria, Virgínia, 2015.

SANTOS, M.N.M de A. **Aplicação do Geoprocessamento para gestão de vias públicas no município de Itabira MG**. 43p. Monografia (Pós-Graduação em Geoprocessamento), Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

SCHMITZ, A. **Proposta Metodológica baseada em GIS para análise de segmentos críticos de rodovia: estudo de caso na BR-285/RS**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SILVA, A.N.R. **Sistemas de Informações Geográficas para planejamento de transportes**. 124p. Dissertação (livre-docente em curso) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes, São Paulo, 1998.

SINDETRANS. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias**. Sindicato das Empresas de Transporte de Cargas do ribeirão Preto e Região, Ribeirão Preto, São Paulo, 2018. Disponível em: < <https://www.sindettransrp.com/noticias/conheca-os-13-principais-defeitos-do-pavimento-das/>>. Acesso em: 03 outubro 2020.

SOARES, J.B.; CERATTI, J. A. P.; MOTTA, L. M. G. DA; BERNUCCI, L. B. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. 116p. 3ª edição, Rio de Janeiro: Petrobras – ABEDA, 2010.

SOFTPLAN. **Caderno Sistema da Administração da Manutenção – SAM**. 23p Relatório Técnico, Curitiba, 2014.

SOFTPLAN. **SIDER torna mais eficiente a gestão da faixa de domínio no DER/DF**. Disponível em: < <https://sider.softplan.com.br/historia-de-sucesso/>>. Acesso em: 18 maio 2020.

TEIXEIRA, R. R.; AKISHINO, J.; GAYER, O. A. S.; FRANCO, C. M. Z. **Uma análise de custo unitário para a conservação de um pavimento asfáltico levando em consideração sua degradação**. 15p. 44ª Reunião Anual de Pavimentação, 18º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, Foz do Iguaçu, Paraná, 2015.

VIAGENS E CAMINHOS. **As 10 maiores rodovias do Brasil**. Disponível em: < <https://www.viagensecaminhos.com/2018/08/as-10-maiores-rodovias-do-brasil.html>>. Acesso em: 21 abril 2020.

VISCONTI, T. S. **O sistema gerencial de pavimentos do DNER**. 84p. Rio de Janeiro: IPR/DNIT, 2000.

WANG, K.C.P; GONG, W. **Automated Pavement Distress Survey: A Review and A New Direction**. 18p. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Arkansas, Fayetteville, 2002.

WDM. **ROAD ASSESSMENT VEHICLES (RAV)**. Disponível em: < <https://www.wdm.co.uk/equipment/road-assessment-vehicle-rav>> Acesso em: 24 maio 2020.

WRIGHT, D. Pseudo feature point registration of pavement images. **Journal of Traffic and Transportation Engineering**. Elsevier: Leamington Spa, 2017.

YOTTA. **Yotta to survey West Midlands highways with new hi-tech road surface scanner**. Disponível em: <<https://weareyotta.com/br/yotta-to-survey-west-midlands/>>. Acesso em: 24 maio 2020.

ANEXO I - CÓDIGOS DAS RODOVIAS SEGUNDO O SISTEMA RODOVIÁRIO ESTADUAL

(continua)

CÓDIGO	DE/PARA	EXT. (km)
280S0100PRC	Entroncamento PR-449 - Acesso a Abelardo Luz	21,13
280S0110PRC	Acesso a Abelardo Luz - Entroncamento PR-459	12,16
280S0120PRC	Entroncamento PR-459 - Acesso a Clevelândia	6,25
280S0130PRC	Acesso a Clevelândia - Acesso a Mariópolis	19,98
280S0150PRC	Acesso a Mariópolis - Acesso a Pato Branco	18,87
280S0170PRC	Acesso a Pato Branco - Entroncamento BR-158 PRC-158 (A)	2,85
323S0290EPR	Entroncamento PR-082 (Cianorte) - Acesso I Cianorte	1,22
323S0291EPR	Acesso I Cianorte- Acesso II Cianorte	2,77
323S0292EPR	Acesso II Cianorte - Acesso III Cianorte	3,56
323S0293EPR	Acesso III Cianorte - Entroncamento PR-567 (para Araruna)	4,68
323S0295EPR	Entroncamento PR-567 (para Araruna) - Acesso a Marabá	9,64
323S0297EPR	Acesso a Marabá - Entroncamento PR-479 (Tapejara)	8,81
323S0310EPR	Entroncamento PR-479 (Tapejara) - Acesso I Tapejara	2,43
323S0315EPR	Acesso I Tapejara - Acesso II Tapejara	1,77
323S0320EPR	Acesso II Tapejara - Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia)	15,96
323S0330EPR	Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia) - Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste)	3,90
323S0332EPR	Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste) - Entroncamento PR-180 (Goioerê)	1,05
323S0333EPR	Entroncamento PR-180 (Goioerê) - Acesso I Cruzeiro do Oeste	2,80
323S0334EPR	Acesso I Cruzeiro do Oeste - Acesso II Cruzeiro do Oeste	1,80
323S0335EPR	Acesso II Cruzeiro do Oeste - Entroncamento PR-682 / BR-487(B) planejada	6,37
323S0336EPR	Entroncamento PR-682 (não pavimentada) - Acesso Lovat	5,74
323S0343EPR	Acesso Lovat - Início da pista dupla de Umuarama	6,95
092S0130EPR	Entroncamento PR-151 (B) (Jaguariaíva) - Acesso IV Jaguariaíva	0,69
092S0140EPR	Acesso IV Jaguariaíva - Acesso I Arapoti	17,71
092S0150EPR	Acesso I Arapoti - Acesso II Arapoti	0,62
092S0160EPR	Acesso II Arapoti - Acesso Calógeras	20,32
092S0170EPR	Acesso Calógeras - Entroncamento PR-958 (planejada)	10,05

(conclusão)

CÓDIGO	DE/PARA	EXT. (km)
092S0175EPR	Entroncamento PR-958 - Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz)	3,14
092S0180EPR	Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz) - Acesso I Wenceslau Braz	1,39

Fonte: GOVERNO DO PARANÁ (2018).

ANEXO II - Tipos de revestimentos dos trechos em estudo

(continua)

CÓDIGO	DE/PARA	TIPO
280S0100PRC	Entroncamento PR-449 - Acesso a Abelardo Luz	CAUQ
280S0110PRC	Acesso a Abelardo Luz - Entroncamento PR-459	CAUQ
280S0120PRC	Entroncamento PR-459 - Acesso a Clevelândia	CAUQ
280S0130PRC	Acesso a Clevelândia - Acesso a Mariópolis	CAUQ
280S0150PRC	Acesso a Mariópolis - Acesso a Pato Branco	CAUQ
280S0170PRC	Acesso a Pato Branco - Entroncamento BR-158 PRC-158 (A)	CAUQ
323S0290EPR	Entroncamento PR-082 (Cianorte) - Acesso I Cianorte	CAUQ
323S0291EPR	Acesso I Cianorte- Acesso II Cianorte	CAUQ
323S0292EPR	Acesso II Cianorte - Acesso III Cianorte	CAUQ
323S0293EPR	Acesso III Cianorte - Entroncamento PR-567 (para Araruna)	CAUQ
323S0295EPR	Entroncamento PR-567 (para Araruna) - Acesso a Marabá	CAUQ
323S0297EPR	Acesso a Marabá - Entroncamento PR-479 (Tapejara)	CAUQ
323S0310EPR	Entroncamento PR-479 (Tapejara) - Acesso I Tapejara	CAUQ
323S0315EPR	Acesso I Tapejara - Acesso II Tapejara	CAUQ
323S0320EPR	Acesso II Tapejara - Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia)	CAUQ
323S0330EPR	Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia) - Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste)	CAUQ
323S0332EPR	Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste) - Entroncamento PR-180 (Goioerê)	CAUQ
323S0333EPR	Entroncamento PR-180 (Goioerê) - Acesso I Cruzeiro do Oeste	CAUQ
323S0334EPR	Acesso I Cruzeiro do Oeste - Acesso II Cruzeiro do Oeste	CAUQ
323S0335EPR	Acesso II Cruzeiro do Oeste - Entroncamento PR-682 / BR-487(B) planejada	CAUQ
323S0336EPR	Entroncamento PR-682 (não pavimentada) - Acesso Lovat	CAUQ
323S0343EPR	Acesso Lovat - Início da pista dupla de Umuarama	CAUQ
092S0130EPR	Entroncamento PR-151 (B) (Jaguariaíva) - Acesso IV Jaguariaíva	CAUQ
092S0140EPR	Acesso IV Jaguariaíva - Acesso I Arapoti	CAUQ
092S0150EPR	Acesso I Arapoti - Acesso II Arapoti	CAUQ
092S0160EPR	Acesso II Arapoti - Acesso Calógeras	CAUQ
092S0170EPR	Acesso Calógeras - Entroncamento PR-958 (planejada)	CAUQ

(conclusão)

CÓDIGO	DE/PARA	TIPO
092S0175EPR	Entroncamento PR-958 - Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz)	CAUQ
092S0180EPR	Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz) - Acesso I Wenceslau Braz	CAUQ

Fonte: DER/PR (2020).

ANEXO III - Cadastro da pista largura da pista e acostamento dos trechos em estudo

(continua)

CÓDIGO	DE/PARA	LARGURA PISTA	LARGURA ACOSTAMENTO
280S0100PRC	Entroncamento PR-449 - Acesso a Abelardo Luz	7,20	2,00
280S0110PRC	Acesso a Abelardo Luz - Entroncamento PR-459	7,20	2,00
280S0120PRC	Entroncamento PR-459 - Acesso a Clevelândia	7,20	2,00
280S0130PRC	Acesso a Clevelândia - Acesso a Mariópolis	7,20	2,00
280S0150PRC	Acesso a Mariópolis - Acesso a Pato Branco	7,20	2,00
280S0170PRC	Acesso a Pato Branco - Entroncamento BR-158 PRC-158 (A)	7,20	2,00
323S0290EPR	Entroncamento PR-082 (Cianorte) - Acesso I Cianorte	7,20	3,00
323S0291EPR	Acesso I Cianorte- Acesso II Cianorte	7,20	3,00
323S0292EPR	Acesso II Cianorte - Acesso III Cianorte	7,20	3,00
323S0293EPR	Acesso III Cianorte - Entroncamento PR-567 (para Araruna)	7,20	3,00
323S0295EPR	Entroncamento PR-567 (para Araruna) - Acesso a Marabá	7,20	3,00
323S0297EPR	Acesso a Marabá - Entroncamento PR-479 (Tapejara)	7,20	3,00
323S0310EPR	Entroncamento PR-479 (Tapejara) - Acesso I Tapejara	7,20	1,80
323S0315EPR	Acesso I Tapejara - Acesso II Tapejara	7,20	1,80
323S0320EPR	Acesso II Tapejara - Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia)	7,20	1,80
323S0330EPR	Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia) - Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste)	7,20	1,80
323S0332EPR	Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste) - Entroncamento PR-180 (Goioerê)	6,00	3,00
323S0333EPR	Entroncamento PR-180 (Goioerê) - Acesso I Cruzeiro do Oeste	6,00	3,00
323S0334EPR	Acesso I Cruzeiro do Oeste - Acesso II Cruzeiro do Oeste	6,00	3,00
323S0335EPR	Acesso II Cruzeiro do Oeste - Entroncamento PR-682 / BR-487(B) planejada	6,00	3,00
323S0336EPR	Entroncamento PR-682 (não pavimentada) - Acesso Lovat	7,20	1,80
323S0343EPR	Acesso Lovat - Início da pista dupla de Umuarama	7,20	1,80
092S0130EPR	Entroncamento PR-151 (B) (Jaguariaíva) - Acesso IV Jaguariaíva	7,00	2,50
092S0140EPR	Acesso IV Jaguariaíva - Acesso I Arapoti	7,00	2,50
092S0150EPR	Acesso I Arapoti - Acesso II Arapoti	7,00	2,50
092S0160EPR	Acesso II Arapoti - Acesso Calógeras	7,20	2,50

(conclusão)

CÓDIGO	DE/PARA	LARGURA PISTA	LARGURA ACOSTAMENTO
092S0170EPR	Acesso Calógeras - Entroncamento PR-958 (planejada)	7,20	2,50
092S0175EPR	Entroncamento PR-958 - Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz)	7,20	2,50
092S0180EPR	Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz) - Acesso I Wenceslau Braz	6,00	0,00

Fonte: DER/PR (2020).

ANEXO IV - Tipos de base dos trechos em estudo

(continua)

CÓDIGO	DE/PARA	BASE
280S0100PRC	Entroncamento PR-449 - Acesso a Abelardo Luz	BG
280S0110PRC	Acesso a Abelardo Luz - Entroncamento PR-459	BG
280S0120PRC	Entroncamento PR-459 - Acesso a Clevelândia	BG
280S0130PRC	Acesso a Clevelândia - Acesso a Mariópolis	BG
280S0150PRC	Acesso a Mariópolis - Acesso a Pato Branco	BG
280S0170PRC	Acesso a Pato Branco - Entroncamento BR-158 PRC-158 (A)	BG
323S0290EPR	Entroncamento PR-082 (Cianorte) - Acesso I Cianorte	SC
323S0291EPR	Acesso I Cianorte- Acesso II Cianorte	SC
323S0292EPR	Acesso II Cianorte - Acesso III Cianorte	SC
323S0293EPR	Acesso III Cianorte - Entroncamento PR-567 (para Araruna)	SC
323S0295EPR	Entroncamento PR-567 (para Araruna) - Acesso a Marabá	SC
323S0297EPR	Acesso a Marabá - Entroncamento PR-479 (Tapejara)	SC
323S0310EPR	Entroncamento PR-479 (Tapejara) - Acesso I Tapejara	SC
323S0315EPR	Acesso I Tapejara - Acesso II Tapejara	SC
323S0320EPR	Acesso II Tapejara - Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia)	SC
323S0330EPR	Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia) - Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste)	SC
323S0332EPR	Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste) - Entroncamento PR-180 (Goioerê)	SC
323S0333EPR	Entroncamento PR-180 (Goioerê) - Acesso I Cruzeiro do Oeste	SC
323S0334EPR	Acesso I Cruzeiro do Oeste - Acesso II Cruzeiro do Oeste	SC
323S0335EPR	Acesso II Cruzeiro do Oeste - Entroncamento PR-682 / BR-487(B) planejada	SC
323S0336EPR	Entroncamento PR-682 (não pavimentada) - Acesso Lovat	SC
323S0343EPR	Acesso Lovat - Início da pista dupla de Umuarama	SC
092S0130EPR	Entroncamento PR-151 (B) (Jaguariaíva) - Acesso IV Jaguariaíva	BG
092S0140EPR	Acesso IV Jaguariaíva - Acesso I Arapoti	BG
092S0150EPR	Acesso I Arapoti - Acesso II Arapoti	BG

(conclusão)

CÓDIGO	DE/PARA	BASE
092S0160EPR	Acesso II Arapoti - Acesso Calógeras	BG
092S0170EPR	Acesso Calógeras - Entroncamento PR-958 (planejada)	BG
092S0175EPR	Entroncamento PR-958 - Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz)	BG
092S0180EPR	Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz) - Acesso I Wenceslau Braz	BG

Fonte: DER/PR (2020).

ANEXO V - Volume de tráfego dos trechos em estudo

(continua)

CÓDIGO	DE/PARA	TRÁFEGO
280S0100PRC	Entroncamento PR-449 - Acesso a Abelardo Luz	3584
280S0110PRC	Acesso a Abelardo Luz - Entroncamento PR-459	4032
280S0120PRC	Entroncamento PR-459 - Acesso a Clevelândia	3521
280S0130PRC	Acesso a Clevelândia - Acesso a Mariópolis	4309
280S0150PRC	Acesso a Mariópolis - Acesso a Pato Branco	5704
280S0170PRC	Acesso a Pato Branco - Entroncamento BR-158 PRC-158 (A)	6847
323S0290EPR	Entroncamento PR-082 (Cianorte) - Acesso I Cianorte	3416
323S0291EPR	Acesso I Cianorte- Acesso II Cianorte	3416
323S0292EPR	Acesso II Cianorte - Acesso III Cianorte	3416
323S0293EPR	Acesso III Cianorte - Entroncamento PR-567 (para Araruna)	3416
323S0295EPR	Entroncamento PR-567 (para Araruna) - Acesso a Marabá	3172
323S0297EPR	Acesso a Marabá - Entroncamento PR-479 (Tapejara)	5280
323S0310EPR	Entroncamento PR-479 (Tapejara) - Acesso I Tapejara	3726
323S0315EPR	Acesso I Tapejara - Acesso II Tapejara	3726
323S0320EPR	Acesso II Tapejara - Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia)	3726
323S0330EPR	Entroncamento PR-477 (Nova Olímpia) - Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste)	3877
323S0332EPR	Entroncamento BR-487(A) (Acesso II para Cruzeiro do Oeste) - Entroncamento PR-180 (Goioerê)	6906
323S0333EPR	Entroncamento PR-180 (Goioerê) - Acesso I Cruzeiro do Oeste	6906
323S0334EPR	Acesso I Cruzeiro do Oeste - Acesso II Cruzeiro do Oeste	6906
323S0335EPR	Acesso II Cruzeiro do Oeste - Entroncamento PR-682 / BR-487(B) planejada	6906
323S0336EPR	Entroncamento PR-682 (não pavimentada) - Acesso Lovat	8062
323S0343EPR	Acesso Lovat - Início da pista dupla de Umuarama	8062
092S0130EPR	Entroncamento PR-151 (B) (Jaguariaíva) - Acesso IV Jaguariaíva	5312
092S0140EPR	Acesso IV Jaguariaíva - Acesso I Arapoti	5312
092S0150EPR	Acesso I Arapoti - Acesso II Arapoti	5312
092S0160EPR	Acesso II Arapoti - Acesso Calógeras	4340
092S0170EPR	Acesso Calógeras - Entroncamento PR-958 (planejada)	4340

(conclusão)

CÓDIGO	DE/PARA	TRÁFEGO
092S0175EPR	Entroncamento PR-958 - Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz)	4340
092S0180EPR	Entroncamento PR-422 (Wenceslau Braz) - Acesso I Wenceslau Braz	3127

Fonte: DER/PR (2020).

ANEXO VI - Atividades de conservação realizadas pelo do DER/PR

(continua)

Código serviço	Serviço	Unid.	Taxa	Ligante
scod01	Escavação de vala rasa c/motoniveladora, carga, transporte e espalhamento DMT até 2,00 km	m3		
512050	Demolição mecânica de pavimento	m3		
scod02	Pintura de proteção excl. fornec. da emulsão	m2	0,00100	RR-1C
531020	Brita graduada 100% PI (manual) para remendo profundo	m3		
531030	Brita graduada 100% PI (mecânica) para remendo profundo	m3		
scod03	Solo cimento (4%) mistura na pista 100% PN (manual) para remendo profundo	m3		
scod04	Solo cimento (4%) mistura na pista 100% PN (mecânico) para remendo profundo	m3		
546120	Solo cimento (6%) mistura na pista 100% PN para remendo profundo	m3		
scod05	Tapa buraco (manual) c/ CBUQ, excl. fornec. do CAP	m3	0,13680	CAP 50/70
scod06	Tapa buraco (mecânico) c/ CBUQ, excl. fornec. do CAP	m3	0,13680	CAP 50/70
scod07	PMF denso p/fechamento de remendo (manual), excl. fornec. da emulsão RL-1C	m3	0,20000	RL-1C
scod08	PMF denso p/fechamento de remendo (mecânico), excl. fornec. da emulsão RL-1C	m3	0,20000	RL-1C
570140	C.B.U.Q. p/fechamento de remendo (manual), excl. fornec. do CAP	t	0,05700	CAP 50/70
570170	C.B.U.Q. p/fechamento de remendo (mecânico), excl. fornec. do CAP	t	0,05700	CAP 50/70
scod09	Imprimação exclusive fornecimento do CM	m2	0,00120	CM-30
560150	Imprimação impermeab. exclusive fornecimento da emulsão	m2	0,00120	EAI
561120	Pintura de ligação excl. fornec. da emulsão	m2	0,00050	RR-1C
512000	Demolição manual de pavimento	m3		
505100	Fresagem descontínua a frio	m3		
scod14	Reperf. c/CBUQ (massa fina) excl. fornec. do CAP	t	0,06000	CAP 50/70
scod10	Lama asfáltica faixa "1" e "2" (trechos descontínuos) excl. fornec. Emulsão	m2	0,00170	RL-1C
scod11	Lama asfáltica faixa "3" e "4" (trechos descontínuos) excl. fornec. Emulsão	m2	0,00160	RL-1C
scod12	Tapa buraco (manual) c/ PMF denso, exclusive fresagem, excl. fornec. da emulsão RL-1C	m3	0,20000	RL-1C
scod13	Tapa buraco (mecânico) c/ PMF denso, exclusive fresagem, excl. fornec. da emulsão RL-1C	m3	0,20000	RL-1C
562560	Microvest.asf.a frio e= 8mm (sem fibras), excl.fornec.emulsão	m2	0,00140	RC1C- E
562650	Microvest.asf.a frio e= 8mm (sem fibras), descontínuo, excl.fornec.emulsão	m2	0,00140	RC1C- E
scod14	Reperf. descontínua c/CBUQ (massa fina), espalhamento com vibroacabadora excl. fornecimento do CAP	t	0,06000	CAP 50/70

(conclusão)

Código	Serviço	Unid.	Taxa	Ligante
570540	Reperf. descontínua c/C.B.U.Q. (faixa D), excl. fornec. CAP	t	0,05700	CAP 50/70
570530	Reperf. descontínua c/C.B.U.Q. (massa fina), excl. fornec. CAP	t	0,06000	CAP 50/70
scod15	Tapa-buraco com CBUQ, espalhamento com motoniveladora, excl. fresagem e fornecimento do CAP	m3	0,13680	CAP 50/70
scod16	Tapa-buraco com CBUQ, espalhamento manual, excl. fresagem e fornecimento do CAP	m3	0,13680	CAP 50/70
scod17	Selagem de trinca com areia, excl. fornec. Da emulsão RM-1C	l	0,00100	RM-1C
550800	Selagem de trinca com areia, excl. fornec. da emulsão	l	0,00100	RR-1C
scod18	Selagem de trinca com pó de pedra, excl. fornec. Da emulsão RM-1C	l	0,00100	RM-1C
550810	Selagem de trinca com pó de pedra, excl. fornec. da emulsão	l	0,00100	RR-1C
641330	Dreno transversal de pavimento 13x30cm, inclusive escavação, brita, geotextil (GNT) e selo CBUQ (10cm), excl. fornec. CAP	m	0,00180	CAP 50/70
scod19	Dreno longitudinal de pavimento 20x60cm, inclusive escavação, brita, geotextil (GNT) e selo CBUQ	m	0,00274	CAP 50/70
641560	Dreno longitudinal de pavimento 15x60cm, inclusive escavação, geocomposto drenante, tubo PEAD d=100mm e selo CBUQ (10cm), excl. fornec. CAP	m	0,00210	CAP 50/70
531330	Macadame seco britado preenchido c/brita graduada (mecânico) para remendo profundo	m ³		
650110	Recomposição de sarjeta de concreto	m		
873000	Tachão refletivo bidirecional	ud		
872000	Tachão refletivo monodirecional	ud		
822100	Faixa de sinalização horizontal c/tinta resina acrílica base água	m ²		
830000	Cerca 4 fios c/ mourões de madeira	m		
601500	Desconfinamento lateral de bordo do pavimento c/motoniveladora - terreno natural	m		
589000	Fornecimento de CAP-50/70	t		
589100	Fornecimento de asfalto diluído CM-30	t		
589190	Fornecimento de asfalto diluído EAI	t		
589170	Fornecimento de emulsão RL-1C	t		
589220	Fornecimento de emulsão RM-1C	t		
589420	Fornecimento de emulsão RR-1C	t		
589180	Fornecimento de emulsão RC1C-E com polímero	t		

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO VII – Avaliação da Malha Pavimentada atribuída pelo Avaliador em Campo

nota atribuída para cada quilômetro																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
280S0100PRC	3	3	4	4	3	3	4	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	3
280S0110PRC	4	3	3	4	3	2	2	3	2	2	3	2	3									
280S0120PRC	1	3	3	3	3	3	3															
280S0130PRC	2	3	2	3	4	4	3	3	2	2	4	4	4	4	4	4	3	4	2	2		
280S0150PRC	2	2	2	2	3	4	2	3	4	4	4	2	2	3	3	3	3	4	4			
280S0170PRC	2	4	2																			
323S0290EPR	4	2																				
323S0291EPR	4	4	4																			
323S0292EPR	4	2	4	3																		
323S0293EPR	3	4	4	4	4																	
323S0295EPR	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3												
323S0297EPR	3	2	3	3	4	3	3	4	3													
323S0310EPR	4	4	4																			
323S0315EPR	4	2																				
323S0320EPR	2	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4						
323S0330EPR	4	4	4	4																		
323S0332EPR	2	4																				
323S0333EPR	4	4	4																			
323S0334EPR	4	4																				
323S0335EPR	2	4	4	4	4	4	4															
323S0336EPR	3	3	4	3	4	4																
323S0343EPR	3	3	4	2	4	3	4															
092S0130EPR	4																					
092S0140EPR	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	2	1				
092S0150EPR	1																					
092S0160EPR	2	4	3	1	4	3	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3	2	4	3	4	
092S0170EPR	3	2	3	3	2	4	3	4	4	3	2											
092S0175EPR	2	3	4	4																		
092S0180EPR	2	2																				

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO VIII – Nível de esforço para grupo pré-misturados - Classe tráfego 1: 0 a 1000

NÍVEL DE ESFORÇO POR CLASSE DE TRÁFEGO							
Grupo pavimentação: PRÉ-MISTURADO (PMF / PMQ / CBUQ)							
Serviço	ud	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5	Ud. NE
Tapa buraco com CAUQ	m ³	2,10	1,30	0,60	0,30		m ³ /1000m ²
Tapa buraco com PMF	m ³	2,10	1,30	0,60	0,30		m ³ /1000m ²
Remendo profundo	m ³	3,75	2,25	1,50	0,75		m ³ /1000m ²
Selagem de trinca	l	0,50	4,00	3,50	2,00	1,00	l/1000m ²
Tapa buraco com tratamento superficial	m ³						m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento MAUQ	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento usinado a frio	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Microrrevestimento asfáltico	m ²			600,00			m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base brita graduada	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base estabilizada granulométricamente	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base solo cimento	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO IX – Nível de esforço para grupo pré-misturados - Classe tráfego 2: 1001 a 3000

NÍVEL DE ESFORÇO POR CLASSE DE TRÁFEGO							
Grupo pavimentação: PRÉ-MISTURADO (PMF / PMQ / CBUQ)							
Serviço	ud	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5	Ud. NE
Tapa buraco com CAUQ	m ³	2,20	1,40	0,70	0,40		m ³ /1000m ²
Tapa buraco com PMF	m ³	2,20	1,40	0,70	0,40		m ³ /1000m ²
Remendo profundo	m ³	3,75	2,25	1,50	0,75		m ³ /1000m ²
Selagem de trinca	l	0,50	4,00	3,50	2,00	1,00	l/1000m ²
Tapa buraco com tratamento superficial	m ³						m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento MAUQ	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento usinado a frio	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Microrrevestimento asfáltico	m ²			600,00			m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base brita graduada	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base estabilizada granulométricamente	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base solo cimento	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO X – Nível de esforço para grupo pré-misturados - Classe tráfego 3: 3001 a 5000

NÍVEL DE ESFORÇO POR CLASSE DE TRÁFEGO							
Grupo pavimentação: PRÉ-MISTURADO (PMF / PMQ / CBUQ)							
Serviço	ud	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5	Ud. NE
Tapa buraco com CAUQ	m ³	2,20	1,50	0,80	0,40		m ³ /1000m ²
Tapa buraco com PMF	m ³	2,20	1,50	0,80	0,40		m ³ /1000m ²
Remendo profundo	m ³	3,75	2,25	1,50	0,75		m ³ /1000m ²
Selagem de trinca	l	0,50	4,00	3,50	2,00	1,00	l/1000m ²
Tapa buraco com tratamento superficial	m ³						m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento MAUQ	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento usinado a frio	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Microrrevestimento asfáltico	m ²			600,00			m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base brita graduada	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base estabilizada granulométricamente	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base solo cimento	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO XI – Nível de esforço para grupo pré-misturados - Classe tráfego 4: > 5000

NÍVEL DE ESFORÇO POR CLASSE DE TRÁFEGO							
Grupo pavimentação: PRÉ-MISTURADO (PMF / PMQ / CBUQ)							
Serviço	ud	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5	Ud. NE
Tapa buraco com CAUQ	m ³	2,40	1,60	0,90	0,50		m ³ /1000m ²
Tapa buraco com PMF	m ³	2,40	1,60	0,90	0,50		m ³ /1000m ²
Remendo profundo	m ³	3,75	2,25	1,50	0,75		m ³ /1000m ²
Selagem de trinca	l	0,50	4,00	3,50	2,00	1,00	l/1000m ²
Tapa buraco com tratamento superficial	m ³						m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento MAUQ	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento usinado a frio	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Microrrevestimento asfáltico	m ²			600,00			m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base brita graduada	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base estabilizada granulométricamente	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base solo cimento	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO XII – Nível de esforço para grupo de tratamento superficial - Classe tráfego

1: 0 a 200

NÍVEL DE ESFORÇO POR CLASSE DE TRÁFEGO							
Grupo pavimentação: TRATAMENTO SUPERFICIAL							
Serviço	ud	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5	Ud. NE
Tapa buraco com CAUQ	m ³	0,80	0,60	0,25	0,15		m ³ /1000m ²
Tapa buraco com PMF	m ³	0,80	0,60	0,25	0,15		m ³ /1000m ²
Remendo profundo	m ³	0,60	0,30	0,15	0,10		m ³ /1000m ²
Selagem de trinca	l						l/1000m ²
Tapa buraco com tratamento superficial	m ³	0,80	0,60	0,25	0,15		m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento MAUQ	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento usinado a frio	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Microrrevestimento asfáltico	m ²			600,00			m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base brita graduada	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base estabilizada granulométricamente	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base solo cimento	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²

FONTE: DER/PR (2020).

**ANEXO XIII – Nível de esforço para grupo de tratamento superficial - Classe tráfego
2: 201 a 1000**

NÍVEL DE ESFORÇO POR CLASSE DE TRÁFEGO							
Grupo pavimentação: TRATAMENTO SUPERFICIAL							
Serviço	ud	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5	Ud. NE
Tapa buraco com CAUQ	m ³	1,05	0,65	0,30	0,15		m ³ /1000m ²
Tapa buraco com PMF	m ³	1,05	0,65	0,30	0,15		m ³ /1000m ²
Remendo profundo	m ³	0,75	0,45	0,15	0,10		m ³ /1000m ²
Selagem de trinca	l						l/1000m ²
Tapa buraco com tratamento superficial	m ³	1,05	0,65	0,30	0,15		m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento MAUQ	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento usinado a frio	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Microrrevestimento asfáltico	m ²			600,00			m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base brita graduada	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base estabilizada granulométricamente	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base solo cimento	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO XIV – Nível de esforço para grupo de tratamento superficial - Classe tráfego

3: 1001 a 3000

NÍVEL DE ESFORÇO POR CLASSE DE TRÁFEGO							
Grupo pavimentação: TRATAMENTO SUPERFICIAL							
Serviço	ud	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5	Ud. NE
Tapa buraco com CAUQ	m ³	1,10	0,70	0,35	0,20		m ³ /1000m ²
Tapa buraco com PMF	m ³	1,10	0,70	0,35	0,20		m ³ /1000m ²
Remendo profundo	m ³	0,75	0,45	0,15	0,10		m ³ /1000m ²
Selagem de trinca	l						l/1000m ²
Tapa buraco com tratamento superficial	m ³	1,10	0,70	0,35	0,20		m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento MAUQ	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento usinado a frio	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Microrrevestimento asfáltico	m ²			600,00			m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base brita graduada	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base estabilizada granulométricamente	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base solo cimento	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO XV – Nível de esforço para grupo de tratamento superficial - Classe tráfego

4: > 3000

NÍVEL DE ESFORÇO POR CLASSE DE TRÁFEGO							
Grupo pavimentação: TRATAMENTO SUPERFICIAL							
Serviço	ud	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4	Condição 5	Ud. NE
Tapa buraco com CAUQ	m ³	1,10	0,75	0,40	0,20		m ³ /1000m ²
Tapa buraco com PMF	m ³	1,10	0,75	0,40	0,20		m ³ /1000m ²
Remendo profundo	m ³	0,90	0,45	0,15	0,10		m ³ /1000m ²
Selagem de trinca	l						l/1000m ²
Tapa buraco com tratamento superficial	m ³	1,10	0,75	0,40	0,20		m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento MAUQ	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Recomposição do revestimento usinado a frio	m ³		50,00	14,00			m ³ /1000m ²
Microrrevestimento asfáltico	m ²			600,00			m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base brita graduada	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base estabilizada granulométricamente	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²
Recuperação de pavimento com base solo cimento	m ²	1.000,00					m ² /1000m ²

FONTE: DER/PR (2020).

ANEXO XVI – Formulário para definição do tamanho das imagens mínimas a serem capturadas em campo

VERIFICAÇÃO DE QUALIDADES DAS IMAGENS GEORREFERENCIADAS

Digite seu texto aqui.

**Obrigatório*

1. Nome *

2. Nas duas imagens abaixo é possível visualizar com a mesma qualidade e detalhes as patologias no pavimento ? *

Marque todas que se aplicam.

SIM

NÃO

3. comente: *

IMAGEM 1 - IMAGEM COM ALTA QUALIDADE



IMAGEM 1 - IMAGEM COM BAIXA QUALIDADE



IMAGEM 2 - IMAGEM COM ALTA QUALIDADE



IMAGEM 2 - IMAGEM COM BAIXA QUALIDADE



IMAGEM 3 - IMAGEM COM ALTA QUALIDADE



IMAGEM 3 - IMAGEM COM BAIXA QUALIDADE



IMAGEM 4 - IMAGEM COM ALTA QUALIDADE



IMAGEM 4 - IMAGEM COM BAIXA QUALIDADE



IMAGEM 5 - IMAGEM COM ALTA QUALIDADE

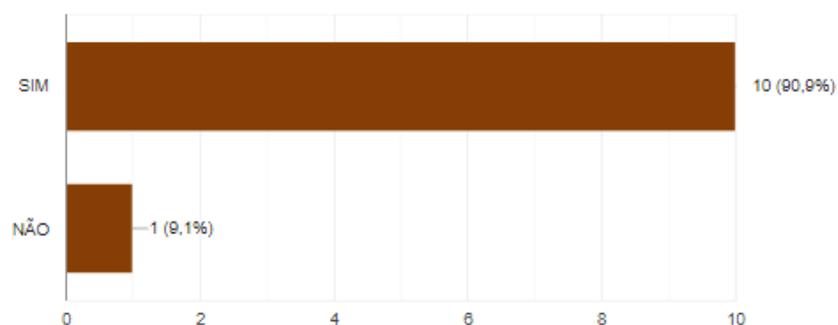


IMAGEM 5 - IMAGEM COM BAIXA QUALIDADE



Nas duas imagens abaixo é possível visualizar com a mesma qualidade e detalhes as patologias no pavimento ?

11 respostas



comente:

10 respostas

A qualidade das imagens em ambas é possível visualizar as patologias presentes no pavimento.

Não há impacto no resultado

Não altera quase nada a visualização

a primeira imagem tem um destaque maior da patologia, apesar de nas duas imagens ser possível a identificação de patologias.

Nas duas imagens é possível ver as fissuras da pista.

Mesma qualidade nas patologias.

Apesar da diminuição da resolução daria tranquilamente para analisar as patologias do pavimento

Nessas condições a diferença parece ser quase imperceptível

Não há diferença