

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA ÁREA III
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

BRUNO PORTO SILVA

ESTUDO DE CASO DAS INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA NA
BR-153 NO ESTADO DE GOIÁS NO TRECHO: HIDROLÂNDIA/PROFESSOR
JAMIL

DEZEMBRO
2019

BRUNO PORTO SILVA

**ESTUDO DE CASO DAS INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA NA
BR-153 NO ESTADO DE GOIÁS NO TRECHO: HIDROLÂNDIA/PROFESSOR
JAMIL**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Civil, do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus
Goiânia, como parte dos requisitos necessários para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil**

Área de Concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Me. Ricardo Alves Cardoso

Goiânia, GO

2019

Si381e Silva, Bruno Porto.

Estudo de caso das intervenções de conservação rodoviária na BR-153 no estado de Goiás no trecho: Hidrolândia/Professor Jamil / Bruno Porto Silva. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2019.
130 f.: il.

Orientador: Prof. Me. Ricardo Alves Cardoso.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil,
Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás, Câmpus Goiânia.
Incluem anexos.

1. Pavimento. 2. Rodovia. I. Cardoso, Ricardo Alves (orientador). II. Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 625.8

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Bruno Porto Silva

Matrícula: 20141011050309

Título do Trabalho: Estudo de Caso das Intervenções de Conservação Rodoviária na BR-153 no Estado de Goiás no Trecho: Hidrolândia/Professor Jamil.

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG;
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____;
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG.

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

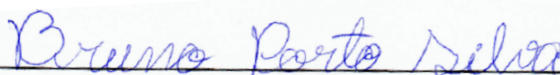
- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 17 de Dezembro de 2019.



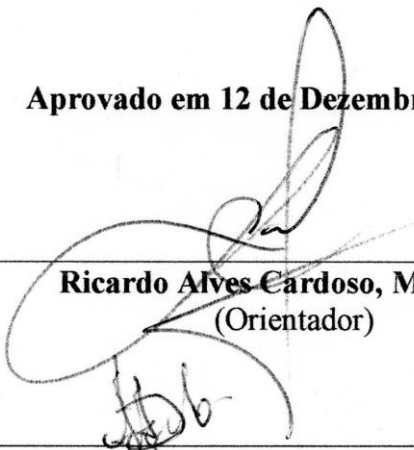
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

BRUNO PORTO SILVA

**ESTUDO DE CASO DAS INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO
RODOVIÁRIA NA BR-153 NO ESTADO DE GOIÁS NO TRECHO:
HIDROLÂNDIA/PROFESSOR JAMIL**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de
Engenharia Civil, do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás, Campus Goiânia, como parte
dos requisitos necessários para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil**

Aprovado em 12 de Dezembro de 2019:



Ricardo Alves Cardoso, Me. (IFG)
(Orientador)



Matilde Batista Melo, Me. (IFG)



Wesley Pimenta Menezes, Esp. (IFG)

Goiânia, GO
2019

AGRADECIMENTOS

Com este trabalho finalizo uma grande etapa da minha vida. Não foi fácil passar por todas as dificuldades, noites mal dormidas, preocupações e desafios que apareceram durante esta jornada. Porém, nada disto seria possível sem o apoio e a ajuda daqueles que sempre estiveram ao meu lado durante o período da graduação. Sendo assim, estendo meus agradecimentos a todos aqueles que de alguma maneira fizeram parte disso, dentre os quais destaco:

Meu pai Alessandro Pereira Silva e minha mãe Ana Flávia Brito Porto que, além de cuidarem de mim com todo amor que poderiam dar, sempre me incentivaram a estudar e a mostrar o melhor que tenho a oferecer, proporcionando assim as oportunidades únicas que abracei e que me levaram a trilhar o caminho profissional que hoje amo tanto.

Meus irmãos Alessandra de Angeles Martins, Caio Marques Silva e Pedro Porto Martins que me mostraram o real significado de amor fraterno, fazendo com que cada etapa vencida fosse para demonstrar a eles que com amor, paciência e perseverança é possível alcançar os nossos objetivos, por mais difíceis que possam parecer.

Minha prima Monique Sousa Silva e meu amigo Pedro Henrique Guimarães que sempre estiveram ao meu lado nos momentos de dificuldades e de conquistas, me ajudando a aceitar minhas individualidades e a ser uma pessoa que sempre lute pelo certo, demonstrando ser grandes companheiros para a vida.

Meus amigos da faculdade André de Souza Vieira, Gabriel Fernandes, Matheus Rodrigues de Sá e Ricardo Rodrigues Barbosa que foram grandes companheiros nas lutas diárias da faculdade e que estavam presentes nos melhores momentos da minha vida nesta etapa de graduação. Que esta relação nunca se finde.

De forma especial e agradecido, ao professor orientador Ricardo Alves Cardoso e à professora da disciplina de TCC Fernanda Posch que me auxiliaram na elaboração deste trabalho final, sendo sempre atenciosos, prestativos e preocupados com a qualidade do estudo, transmitindo assim parte de suas vastas experiências e conhecimentos.

RESUMO

ESTUDO DE CASO DAS INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA NA BR-153 NO ESTADO DE GOIÁS NO TRECHO: HIDROLÂNDIA/PROFESSOR JAMIL

AUTOR: BRUNO PORTO SILVA

ORIENTADOR: RICARDO ALVES CARDOSO

A principal matriz de transportes utilizada no Brasil é a rodoviária, sendo que a boa condição de rolamento das rodovias brasileiras está diretamente ligada tanto à segurança dos usuários quanto ao desenvolvimento em níveis satisfatórios dos diversos setores da economia dependentes deste tipo de transporte. Apesar disto, o que se vê na maioria dos casos é o sucateamento destas rodovias, sendo facilmente encontrados buracos e outros defeitos no pavimento que não recebe as rotinas de manutenção e conservação adequadas devido à má gestão ou falta dos investimentos necessários para manter os padrões de qualidade desejados. Este cenário tem tido sua frequência reduzida com a privatização desses investimentos através das concessões rodoviárias, porém ainda há a necessidade de melhoria visto o potencial que estas empresas apresentam em administrar corretamente os investimentos na rodovia e os ainda frequentes defeitos nos pavimentos. Sendo assim, neste trabalho foi analisado um trecho crítico concessionado da BR-153, localizado entre as cidades de Hidrolândia/GO, iniciando no km 517+300, e Professor Jamil/GO, finalizando no km 576+000. A partir dos dados disponibilizados pela concessionária, foi levantado a recorrência das intervenções no trecho, assim como a identificação das características projetadas e existentes e o desempenho funcional e estrutural de um segmento crítico, verificando assim a eficácia dos serviços.

Palavras Chaves: Pavimento. Intervenções. Privatização. Defeitos. Manutenção.

ABSTRACT

CASE STUDY OF ROAD CONSERVATION INTERVENTIONS AT BR-153 IN THE STATE OF GOIÁS IN THE STRETCH: HIDROLÂNDIA / PROFESSOR JAMIL

AUTHOR: BRUNO PORTO SILVA

ADVISOR: RICARDO ALVES CARDOSO

The main transport matrix used in Brazil is road transport, and the good rolling condition of Brazilian highways is directly linked to both user safety and development at satisfactory levels of the various sectors of the economy dependent on it. Despite this, what is seen in the majority of cases is the suction of these highways, being easily found holes and other defects in the pavement that does not receive the proper maintenance and conservation routines due to the poor management or lack of the necessary investments to maintain the standards of desired quality. This scenario has been reduced in frequency with the privatization of these investments through highway concessions, but there is still a need for improvement given the potential of these companies to properly manage investments in the highway and the frequent defects in pavements. In view of this, this work aims to analyze a critical section of BR-153, located between the cities of Hidrolândia / GO, starting at km 517 + 300, and Professor Jamil / GO, finishing at km 576 + 000. From the data made available by the concessionaire, the recurrence of interventions in the stretch was raised, as well as the identification of projected an existing characteristics and the functional and structural performance of a critical segment, thus verifying the effectiveness of the services.

Keywords: Pavement. Interventions. Privatization. Defects. Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 –	Seção tipo genérica de um pavimento.....	28
Figura 2.2 –	Brita graduada utilizada em bases e sub-bases.....	30
Figura 2.3 –	Macadame hidráulico utilizado em bases e sub-bases.....	31
Figura 2.4 –	Base estabilizada com cimento.....	32
Figura 2.5 –	Base estabilizada com betume.....	33
Figura 2.6 –	Base rígida.....	34
Figura 2.7 –	Base executada com material reciclado.....	35
Figura 2.8 –	Execução de um revestimento flexível betuminoso.....	36
Figura 2.9 –	Revestimento flexível por calçamento.....	37
Figura 2.10 –	Execução de um revestimento de concreto armado.....	38
Figura 2.11 –	Camadas constituintes dos pavimentos rígido e flexível.....	40
Figura 2.12 –	Comportamento Mecânico de Pavimentos Flexíveis com Bases Granulares.....	41
Figura 2.13 –	Comportamento Mecânico de Pavimentos Semirrígidos.....	41
Figura 2.14 –	Comportamento Mecânico de Pavimentos Rígidos.....	42
Figura 2.15 –	Trinca isolada transversal.....	44
Figura 2.16 –	Trinca isolada longitudinal.....	45
Figura 2.17 –	Trinca isolada de retração.....	45
Figura 2.18 –	Trinca tipo “Couro de Jacaré”.....	46
Figura 2.19 –	Trinca tipo “Bloco”.....	46
Figura 2.20 –	Afundamento plástico de trilha de roda.....	47
Figura 2.21 –	Afundamento por consolidação em trilha de roda.....	48
Figura 2.22 –	Corrugação ou Ondulação.....	49
Figura 2.23 –	Escorregmaneto.....	49
Figura 2.24 –	Exsudação.....	50
Figura 2.25 –	Desgaste.....	51
Figura 2.26 –	Panela ou Buraco.....	52
Figura 2.27 –	Remendo mal executado.....	53
Figura 2.28 –	Falling Weight Deflectometer Pavesys.....	62
Figura 2.29 –	Scan Vias 3D.....	65
Figura 2.30 –	Pêndulo Britânico.....	66
Figura 2.31 –	Ensaio da Mancha de Areia.....	67
Figura 3.1 –	Foto de satélite do trecho em estudo.....	73
Figura 3.2 –	Retirada da capa asfáltica antiga no serviço de fresagem.....	75
Figura 3.3 –	Recapeamento finalizado no serviço de fresagem.....	75
Figura 3.4 –	Serviço de microrrevestimento finalizado.....	76
Figura 3.5 –	Serviço de tapa buraco finalizado.....	76
Figura A.1 –	Mapa 1 com a localização geográfica da rodovia concedida.....	121

Figura A.2 –	Mapa 2 com a localização geográfica da rodovia concedida.....	122
Figura B.1 –	Capa do Projeto Executivo da BR-153 na travessia de Professor Jamil.....	123
Figura B.2 –	Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil...	124
Figura B.3 –	Detalhe das dimensões das camadas no Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil.....	125
Figura B.4 –	Detalhe da identificação das estacas de projeto no Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil.....	126
Figura B.5 –	Seção da pista direita do trecho crítico de estudo no Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil.....	127
Figura B.6 –	Seção da pista esquerda do trecho crítico de estudo no Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil.....	128
Figura B.7 –	Imagem de satélite do trecho crítico de estudo.....	129
Figura B.8 –	Relatório de levantamento das camadas do pavimento existente.....	129
Figura C.1 –	Escopo dos serviços de recuperação e manutenção do pavimento.....	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 –	Área territorial e extensão das rodovias do Brasil por região geográfica.	22
Quadro 1.2 –	Classificação das características avaliadas em km no Estado de Goiás....	23
Quadro 1.3 –	Classificação das características avaliadas em km no estado de Goiás....	24
Quadro 2.1 –	Codificação dos demais defeitos utilizada nas normas do DNIT.....	53
Quadro 2.2 –	Codificação das fendas utilizada nas normas do DNIT.....	54
Quadro 2.3 –	Níveis de serventia.....	56
Quadro 2.4 –	Condições do pavimento em função do IGG.....	59
Quadro 2.5 –	Conceitos do ICPF.....	60
Quadro 2.6 –	Avaliações do IES.....	61
Quadro 2.7 –	Valores de z de acordo com o número de amostras.....	63
Quadro 2.8 –	Avaliação das Condições de Aderência Pneu/Pavimento.....	66
Quadro 2.9 –	Avaliação da Resistência à Derrapagem.....	67
Quadro 4.1 –	Volume de fresagem realizada na BR-153 desde o início da concessão...	82
Quadro 4.2 –	Volume de fresagem realizada no trecho de estudo da BR-153 desde o início da concessão.....	82
Quadro 4.3 –	Relação percentual entre a quantidade de fresagem realizada no trecho de estudo da BR-153 e a quantidade realizada no trecho total da rodovia no estado de Goiás.....	83
Quadro 4.4 –	Relação percentual entre o trecho de estudo da BR-153 e o trecho total desta no estado de Goiás.....	83
Quadro 4.5 –	Área de microrrevestimento realizado na BR-153 desde o início da concessão.....	88
Quadro 4.6 –	Área de microrrevestimento realizado no trecho de estudo da BR-153 desde o início da concessão.....	89
Quadro 4.7 –	Relação percentual entre a quantidade de microrrevestimento realizado no trecho de estudo da BR-153 e a quantidade realizada no trecho total da rodovia no estado de Goiás.....	89
Quadro 4.8 –	Volume de remendo profundo realizado na BR-153 desde o início da concessão.....	93
Quadro 4.9 –	Volume de remendo profundo realizado no trecho de estudo da BR-153 desde o início da concessão.....	94
Quadro 4.10 –	Relação percentual entre a quantidade de remendo profundo realizado no trecho de estudo da BR-153 e a quantidade realizada no trecho total da rodovia no estado de Goiás.....	94
Quadro 4.11 –	Volume de tapa buraco realizado na BR-153 desde o início da concessão.....	101
Quadro 4.12 –	Volume de tapa buraco realizado no trecho de estudo da BR-153 desde o início da concessão.....	102

Quadro 4.13 –	Relação percentual entre a quantidade de tapa buraco realizado no trecho de estudo da BR-153 e a quantidade realizada no trecho total da rodovia no estado de Goiás.....	102
Quadro 4.14 –	Parâmetros de desempenho do pavimento e seus prazos de atendimento.	109
Quadro 4.15 –	Valores de aderência levantados em 2018.....	114

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 –	Densidade da malha rodoviária pavimentada por país em km/1.000 km ²	22
Gráfico 4.1 –	Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2014.....	78
Gráfico 4.2 –	Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2015.....	79
Gráfico 4.3 –	Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2016.....	79
Gráfico 4.4 –	Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2017.....	80
Gráfico 4.5 –	Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2018.....	80
Gráfico 4.6 –	Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2019.....	81
Gráfico 4.7 –	Frequência dos serviços de fresagem no trecho de estudo desde o início da concessão.....	84
Gráfico 4.8 –	Volume acumulado de fresagem no trecho de estudo desde o início da concessão.....	85
Gráfico 4.9 –	Serviços de Microrrevestimento realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2016.....	87
Gráfico 4.10 –	Serviços de Microrrevestimento realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2018.....	87
Gráfico 4.11 –	Frequência dos serviços de microrrevestimento no trecho de estudo desde o início da concessão.....	90
Gráfico 4.12 –	Área acumulada de microrrevestimento no trecho de estudo desde o início da concessão.....	91
Gráfico 4.13 –	Serviços de Remendo Profundo realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2014.....	93
Gráfico 4.14 –	Frequência dos serviços de remendo profundo no trecho de estudo desde o início da concessão.....	95
Gráfico 4.15 –	Volume acumulado de remendo profundo no trecho de estudo desde o início da concessão.....	96
Gráfico 4.16 –	Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2014.....	98
Gráfico 4.17 –	Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2015.....	98
Gráfico 4.18 –	Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2016.....	99
Gráfico 4.19 –	Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2017.....	99

Gráfico 4.20 –	Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2018.....	100
Gráfico 4.21 –	Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no estado de Goiás em 2019.....	100
Gráfico 4.22 –	Frequência dos serviços de tapa buraco no trecho de estudo desde o início da concessão.....	104
Gráfico 4.23 –	Volume acumulado de tapa buraco no trecho de estudo desde o início da concessão.....	105
Gráfico 4.24 –	Levantamento DPA 2018.....	110
Gráfico 4.25 –	Porcentagem referente ao atendimento do índice DPA ao parâmetro do PER em 5 anos de serviço.....	111
Gráfico 4.26 –	Classificação do trecho crítico através dos valores de IGG.....	111
Gráfico 4.27 –	Levantamento IRI 2018.....	112
Gráfico 4.28 –	Porcentagem referente ao atendimento do índice IRI ao parâmetro do PER em 5 anos de serviço.....	113
Gráfico 4.29 –	Levantamento de área trincada (TR) em 2018.....	114

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

CNT	Confederação Nacional do Transporte
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
PER	Programa de exploração da rodovia
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
CEPSA	Compañía Española de Petróleos
VSA	Valor da serventia atual
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
E.E.U.U.	Estados Unidos da América
CBR	California bearing ratio
IGG	Índice de gravidade global
ICPF	Índice da condição do pavimento flexível
IGGE	Índice de gravidade global expedito
IES	Índice do estado de superfície do pavimento
FWD	Falling Weight Deflectometer
IRI	International Roughness Index
QI	Quociente de irregularidade
VRD	Valor de resistência à derrapagem
HS	Altura de areia
TR	Área trincada
DPA	Desnível entre a faixa de tráfego e o acostamento
GO	Estado de Goiás
PA	Estado do Pará
RS	Estado do Rio Grande do Sul
CTVIAS	Centro Tecnológico de Infraestrutura Viária
RETOF	Relatórios técnico, operacional, físico e financeiro

LISTA DE SÍMBOLOS

D_0	Deflexão Recuperável Máxima
D_C	Deflexão Característica
σ	Desvio Padrão
cv	Coeficiente de Variação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
1.1	Contextualização e Justificativa do Tema.....	21
1.2	Objetivos.....	24
1.2.1	Objetivo geral	25
1.2.2	Objetivos específicos.....	25
1.3	Limitações da pesquisa	25
1.4	Estrutura do Trabalho	25
2	REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1	O que é um pavimento	27
2.2	Camadas que constituem o pavimento.....	28
2.2.1	Bases e Sub-bases.....	29
2.2.1.1	Flexíveis e Semi-rígidas	29
2.2.1.2	Rígidas.....	33
2.2.1.3	Bases e Sub-bases Recicladas	34
2.2.2	Revestimentos.....	35
2.2.2.1	Flexíveis	35
2.2.2.2	Rígidos	37
2.3	Principais tipos de pavimento	38
2.4	Degradação dos pavimentos	43
2.4.1	Terminologia dos defeitos	43
2.4.1.1	Fenda	44
2.4.1.2	Afundamento.....	47
2.4.1.3	Ondulação ou Corrugação.....	48
2.4.1.4	Escorregamento.....	49
2.4.1.5	Exsudação.....	50
2.4.1.6	Desgaste	50
2.4.1.7	Panela ou Buraco.....	51
2.4.1.8	Remendo.....	52
2.4.2	Codificação dos Defeitos.....	53
2.4.3	Mecanismos de degradação	54
2.4.4	Conceito de Serventia.....	56

2.5	Dimensionamento de pavimentos	56
2.6	Avaliação das condições do pavimento	57
2.6.1	Condições de Superfície	58
2.6.2	Condições Estruturais	61
2.6.3	Condições de Irregularidade Longitudinal	64
2.6.4	Condições de Aderência Pneu/Pavimento	65
2.6.5	Solicitações de Tráfego	67
2.7	Manutenção de pavimentos.....	68
2.7.1	Conservação Corretiva Rotineira.....	68
2.7.2	Conservação Preventiva Periódica	68
2.7.3	Conservação de Emergência.....	70
2.7.4	Restauração.....	70
2.7.5	Melhoramento da rodovia.....	70
3	METODOLOGIA.....	72
3.1	Caracterização do trecho.....	72
3.2	Método	73
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	78
4.1	Serviços de Fresagem na BR-153 no Estado de Goiás	78
4.2	Serviços de Microrrevestimento na BR-153 no Estado de Goiás.....	86
4.3	Serviços de Remendo Profundo na BR-153 no Estado de Goiás	92
4.4	Serviços de Tapa Buraco na BR-153 no Estado de Goiás	97
4.5	Escolha do trecho mais crítico	106
4.6	Análise do Projeto Executivo da BR-153 e do Relatório Inicial de Cadastro da Rodovia.....	106
4.7	Análise dos parâmetros exigidos pelo Programa de Exploração da Rodovia (PER).....	107
4.8	Análise dos Relatórios de Monitoração do Pavimento	109
4.8.1	Desnível entre a faixa de tráfego e o acostamento (DPA).....	110
4.8.2	Índice de Gravidade Global (IGG)	111
4.8.3	Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI)	112
4.8.4	Porcentagem de área trincada (TR)	113
4.8.5	Valor de Resistência à derrapagem (VRD) e Altura de Areia (HS).....	114
4.8.6	Deflexão Característica (D _C)	115
5	CONCLUSÃO.....	116

REFERÊNCIAS	118
ANEXO A - MAPAS DOS TRECHOS ADMINISTRADOS PELA CONCESSÃO	121
ANEXO B - PROJETO EXECUTIVO DA BR-153/GO TRAVESSIA URBANA DE PROFESSOR JAMIL	123
ANEXO C - ESCOPO DOS SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS NO PAVIMENTO .	130

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A matriz de transporte de um país está diretamente relacionada com o desenvolvimento do mesmo como nação, visto a importância do transporte de pessoas e/ou mercadorias, seja de importação ou exportação, e da acessibilidade à diferentes regiões do território nacional. A qualidade da infraestrutura dos serviços de transporte e o uso distribuído dos diferentes modais existentes constituem fatores importantes para alavancar a economia de um país para que os custos envolvidos nos processos de distribuição sejam reduzidos no preço final dos produtos para que estes se tornem cada vez mais competitivos dentro do amplo cenário existente.

No Brasil, a matriz de transportes se divide em cinco principais modais: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aeroviário. Com a amplitude da extensão territorial do país é necessário à utilização equilibrada de todos estes modais, visto as especificidades e o propósito de cada um, visando a otimização de custos, a utilização intermodal, bem como a melhoria da logística de transporte; porém o que ocorre realmente se distancia desta necessidade. Dados do Boletim Estatístico de 2018 da Confederação Nacional do Transporte (CNT) revelam que, quando no transporte de cargas, o modal rodoviário tem participação de 61,1% dentro dos dados avaliados, seguido pelo modal ferroviário com 20,7%, pelo modal aquaviário com 13,6%, pelo modal dutoviário com 4,2% e por último o modal aeroviário com 0,4%. Nesse mesmo boletim é avaliado o transporte de passageiros, tendo participação de 48,15% do modal rodoviário, 1,5% do modal ferroviário, 0,28% do modal aquaviário e 50,04% do modal aeroviário (CNT, 2018). O que pode ser visto é a utilização expressiva do modal rodoviário, devido à sua flexibilidade, capilaridade e capacidade de integração com os demais modais existentes.

Sendo o mais utilizado, é de se imaginar que o sistema rodoviário brasileiro receba grandes investimentos proporcionais à sua expressiva utilização, porém esse pensamento não é de todo verdade. Justamente por serem mais utilizadas, as rodovias brasileiras são submetidas à cargas excessivas em suas faixas de rolamento, que nem sempre estão preparadas para receberem tais cargas, seja por falta de manutenção e conservação, seja por problemas advindos desde o projeto até à execução. Visando uma busca pela qualidade dos

pavimentos e a análise de dados obtidos com o uso constante do pavimento, para chegar a decisões mais concisas e precisas na melhoria do mesmo, este trabalho traz uma análise das intervenções de conservação do pavimento da BR-153/GO no trecho de Hidrolândia/GO à Professor Jamil/GO, entre o km 517+300 e o km 576+000.

1.1 Contextualização e Justificativa do Tema

Apesar da grande participação do modal rodoviário na matriz de transporte brasileira, a gestão da qualidade e funcionalidade desta, historicamente feita pelo setor público, tem sido realizada de forma deficitária. Grandes gastos são feitos com intervenções corretivas nos pavimentos, devido aos problemas ocasionados pela ação do tráfego e das intempéries nas rodovias, destacando os trincamentos, buracos, deformações permanentes, entre outros defeitos, nas faixas de rolamento e acostamentos, sem que haja um estudo mais aprofundado e efetivo na estrutura do pavimento, pois os defeitos se tornam recorrentes. Além disso, a maior parte da extensão da malha pavimentada existente foi construída em uma época em que se tinha pouca preocupação e estudos referentes aos materiais constituintes do pavimento, atrelado ao crescente tráfego de veículos nas rodovias que, comparando dados entre 2008 e 2018 foi de 82,4% (CNT, 2018), resultando nas péssimas condições dos pavimentos na atualidade.

Ademais, por descuido dos entes federados em promover a devida conservação dos pavimentos rodoviários no momento oportuno, ou seja, quando as patologias ainda estão só na superfície, deixando com que os defeitos se agravem e atinjam toda estrutura do pavimento, faz com que a deterioração aconteça de forma prematura em relação a vida útil de projeto.

Há também a falta de uma política de planejamento de investimento no sistema rodoviário para garantir o conforto dos usuários em seus deslocamentos, considerando-se a pequena extensão da malha rodoviária pavimentada brasileira em relação a sua extensão territorial em km², fato que se agrava quando comparada aos países mais desenvolvidos. A partir do Quadro 1.1 pode-se ter a dimensão da relação entre a malha rodoviária total e a malha pavimentada do país, assim como a distribuição pelas regiões do território nacional.

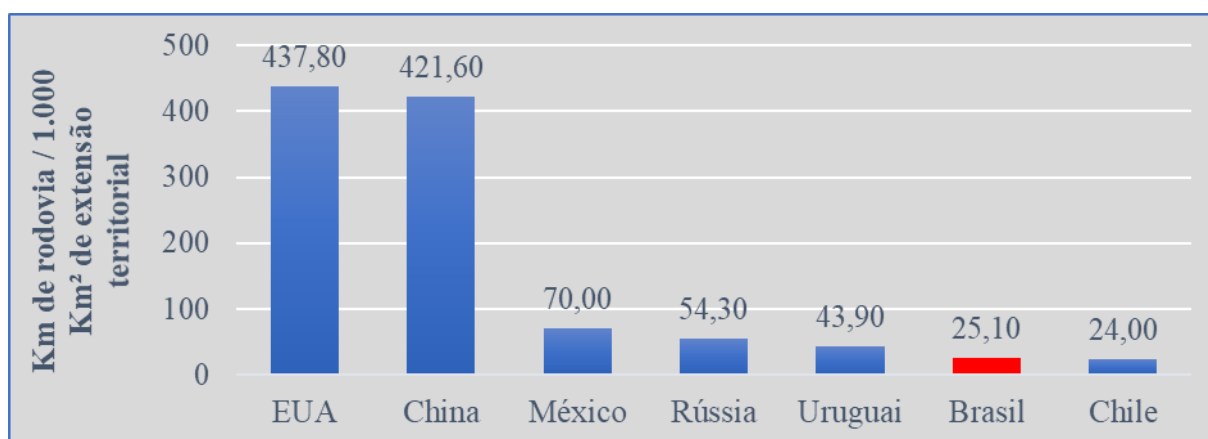
Quadro 1.1: Área territorial e extensão das rodovias do Brasil por região geográfica

Região	Área Km ²	Extensão das rodovias - Km	
		Total	Pavimentadas
Brasil	8.515.759,10	1.720.700,00	213.453,00
Norte	3.853.840,90	148.028,00	22.389,00
Nordeste	1.554.291,10	445.404,00	59.961,00
Sudeste	924.608,90	533.795,00	62.520,00
Sul	576.783,80	388.078,00	38.322,00
Centro-Oeste	1.606.234,50	205.395,00	30.260,00

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Pesquisa CNT de rodovias 2018

No Gráfico 1.1 é revelado a densidade de rodovias pavimentadas do Brasil quando comparada a outros países desenvolvidos.

Gráfico 1.1: Densidade da malha rodoviária pavimentada por país em km/1.000 km²



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Pesquisa CNT de rodovias 2018

Atualmente, a malha rodoviária brasileira passa por sérios problemas de infraestrutura, números da pesquisa feita pela CNT em 1997 apontavam que 92,3% das estradas brasileiras estudadas eram classificadas como deficientes/ruins/péssimas em seu estado geral. Este número melhorou nas pesquisas dos últimos anos, indo para 74,7% em 2004, passando por 69% em 2009 (BERNUCCI et al., 2008). Dados da última pesquisa realizada pela CNT em 2018 firmaram-se em 48,4%, considerando as características do pavimento, sinalização e geometria da via. Tal melhoria é considerada lenta considerando-se o desenvolvimento dos estudos acadêmicos sobre o assunto e a necessidade ainda crescente de uma infraestrutura que atenda às necessidades de transporte em sua plenitude.

De acordo com dados da CNT (2018), 40,4% da extensão total das rodovias federais apresentam algum tipo de problema no pavimento, aumentando o custo operacional do transporte rodoviário em cerca de 24,9% devido à redução da durabilidade dos componentes veiculares, ao aumento do tempo de viagem e ao consumo desnecessário de combustível.

Ainda devido à má qualidade dos pavimentos, em 2016 foi estimado cerca de 775 milhões de litros de diesel excedidos no consumo dos veículos de transporte, gerando uma despesa adicional de R\$ 2,34 bilhões para as empresas (CNT, 2017).

Segundo a pesquisa da CNT (2018) o estado de Goiás possui uma extensão de 3.416 km de malha rodoviária federal e 9.370 km de malha estadual transitória, estadual e municipal pavimentadas. No Quadro 1.2 é mostrado a classificação da qualidade de 7.463 km de malha avaliados dos 12.786 km totais do estado, o que revela que 63,94% estão classificados entre regular/ruim/péssimo, situação preocupante considerando-se a segurança de tráfego dos usuários nas rodovias goianas.

Quadro 1.2: Classificação das características avaliadas em km no Estado de Goiás

Classificação	Estado Geral	Pavimento	Sinalização	Geometria da Via
Ótimo	608	2.434	1.015	271
Bom	1.825	257	2.585	996
Regular	2.845	3.575	2.170	2.146
Ruim	1.882	580	799	1.852
Péssimo	303	617	894	2.198
TOTAL	7.463	7.463	7.463	7.463

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Pesquisa CNT de rodovias 2018

Inseridas neste cenário estão as rodovias concedidas à iniciativa privada. A regulamentação e fiscalização do cumprimento das premissas estabelecidas nos contratos de concessão ficam a cargo da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), do Ministério dos Transportes. Segundo informação disponível no sítio eletrônico da ANTT¹, o programa de concessão rodoviária no Brasil teve início em 1993, criado pela Portaria Ministerial nº 10/93, a partir de então foram feitas diversas concessões de rodovias federais e

¹ Disponível em: <http://www.antt.gov.br/rodovias/Concessoes_Rodoviaras/Linha_do_Tempo.html> Acesso em: 1 de maio de 2019.

estaduais visando a participação do setor privado no investimento para manutenção e melhoria da malha rodoviária do país sob o regime de licitação e contratos de concessões, seguindo o definido no Programa de Exploração da Rodovia (PER) firmado para cada concessão. Atualmente são 20 concessões de rodovias administradas pela ANTT, totalizando em aproximadamente 9.697 km de rodovias (ANTT, 2019). No Quadro 1.3 é mostrado a classificação das rodovias sob regime de concessão comparadas às administradas pelo setor público no Estado de Goiás, considerando as características do pavimento, sinalização e geometria da via, o que evidencia a efetividade na melhoria da qualidade das rodovias.

Quadro 1.3: Classificação das características avaliadas em km no estado de Goiás

Classificação do Pavimento	Extensão Concedida		Extensão Pública	
	Km	%	Km	%
Ótimo	522	70,3	1912	28,5
Bom	46	6,2	211	3,1
Regular	175	23,6	3400	50,6
Ruim	0	0,0	580	8,6
Péssimo	0	0,0	617	9,2
TOTAL	743	100,0	6720	100,0

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Pesquisa CNT de rodovias 2018

Dentro desses 743 km de rodovias concedidas no Estado de Goiás está o trecho de 213 km da BR-153/GO, de Anápolis à Itumbiara Div.GO/MG, que desde de 31 de janeiro de 2014, está sob este regime de administração.

Apesar da visível melhoria na qualidade da rodovia, problemas aparentes no pavimento ainda são frequentes, problemas estes que fogem dos parâmetros exigidos pelo contrato de concessão no sentido de garantir condições de pleno conforto e segurança para os usuários que trafegam neste trecho rodoviário da BR-153/GO.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como propósito o alcance dos seguintes objetivos geral e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objeto geral realizar um levantamento de dados de intervenções de conservação de um trecho crítico da BR-153/GO, trecho: Hidrolândia/Professor Jamil, analisando os pontos e os tipos de intervenções que foram feitas durante o período da concessão em curso, observando-se principalmente as intervenções recorrentes no trecho. Com isso, foi analisado a eficácia das intervenções feitas e o cumprimento dos métodos de monitoramento, conservação e manutenção firmados em contrato, trazendo ao final sugestões mais eficazes de melhoria do pavimento, tendo em vista o retorno frequente de problemas devido às soluções de curto prazo de duração.

1.2.2 Objetivos específicos

Para o alcance do objetivo geral proposto, alguns objetivos específicos são desenvolvidos no decorrer do trabalho, tais como:

- ✓ Delimitação do trecho mais crítico dentro do trecho de estudo da BR-153/GO;
- ✓ Conhecimento da estrutura do pavimento deste trecho;
- ✓ Avaliação das soluções executadas pela concessionária;
- ✓ Avaliação do atendimento aos parâmetros exigidos pelo Programa de Exploração da Rodovia (PER);

1.3 Limitações da pesquisa

Este trabalho se limita às informações e dados mais específicos obtidos por levantamentos realizados em campo no trecho estudado, assim como dados restritos das conservações realizadas pela concessionária, devido também à dificuldade de acesso às informações que precederam o início da concessão.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos. No Capítulo 1, Introdução, é abordado toda a contextualização do tema e a justificativa, os objetivos geral e específicos, além da sua estrutura textual.

No Capítulo 2, Revisão da Literatura, estão descritas as definições de pavimentos, as camadas e os principais tipos desses pavimentos. Aborda-se também os principais temas

relacionados ao dimensionamento de pavimentos flexíveis de rodovias federais, uma abordagem detalhada e ilustrada dos danos causados a estas estruturas, as conservações e recuperações indicadas dos mesmos, explicando os procedimentos exigidos nas normas que regem o assunto.

No Capítulo 3, Metodologia, consta os procedimentos da metodologia de pesquisa aplicada, os dados obtidos do estado da superestrutura do pavimento, os dados de conservações realizadas no trecho, e a recorrência de patologias no trecho estudado.

No Capítulo 4, Resultados e Discussões, são apresentados os resultados obtidos na pesquisa, além da análise da síntese dos dados obtidos.

No Capítulo 5, Conclusão, são apresentadas as conclusões e considerações finais do trabalho bem como proposições para estudos futuros sobre o tema em estudo.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

No capítulo 2 deste trabalho é desenvolvido a fundamentação teórica do tema em estudo, trazendo um apanhado das informações retiradas das principais fontes literárias disponíveis sobre a temática, necessárias para introduzir a discussão acerca de pavimentos, seus componentes, dimensionamento e manutenção do mesmo, assim como as diretrizes dos manuais do DNIT que regem o assunto no âmbito de rodovias federais, sendo obrigação das concessionárias fazerem o pleno atendimento das mesmas.

2.1 O que é um pavimento

Segundo Silva (2008, p. 11), pavimento é “[...] a estrutura construída sobre um terreno de fundação (subleito), a qual deverá resistir à ação das cargas de roda dos veículos e às ações do tempo (variação térmica e higrométrica).”

Já o DNIT (2006), em seu manual sobre pavimentação, afirma que o pavimento é uma sobreposição de camadas de espessuras finitas assentadas sobre um semi-espaco considerado teoricamente infinito, que recebe o nome de subleito.

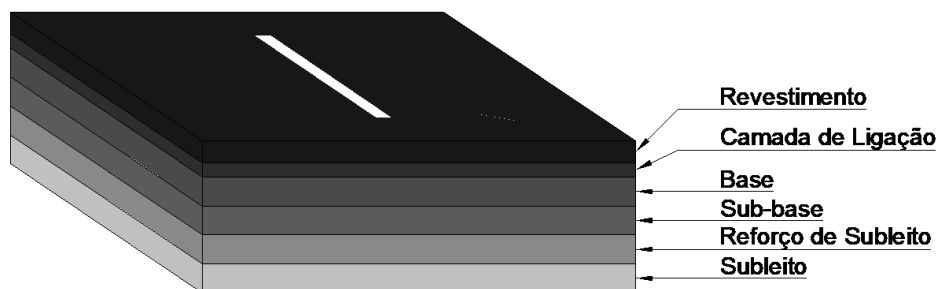
Trazendo uma análise econômica e de manutenção do pavimento, Balbo (2007, p. 35) afirma que:

O pavimento é uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir o subleito do corpo estradal, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível, considerados diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatórios.

Por fim, o manual de pavimentação da *Compañía Española de Petróleos* (CEPSA, 2014) reforça que para a concepção e projeto de um pavimento de qualidade que atenda aos parâmetros esperados na vida útil necessária, dois aspectos fundamentais terão de ser levados em conta: o seu comportamento estrutural, determinado pelos seus materiais componentes e pelas espessuras das camadas e da fundação que o constituem, e suas exigências funcionais, que determinam as condições de textura e acabamento da camada superior do pavimento para que este seja confortável e seguro.

Na Figura 2.1 é apresentada uma seção tipo genérica das camadas de um pavimento.

Figura 2.1: Seção tipo genérica de um pavimento



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

2.2 Camadas que constituem o pavimento

Os pavimentos em geral possuem camadas que auxiliam na distribuição das cargas provenientes dos esforços solicitantes dos veículos, porém cada tipo de pavimento possui características específicas para cada camada. Em geral estas camadas podem ser classificadas como: Leito, Subleito, Reforço de Subleito, Sub-base, Base, Camada de Ligação e Revestimento. Para efeito de definição, o manual de pavimentação do DNIT separa essas camadas em (DNIT, 2006):

- ✓ **Leito:** a superfície obtida pela terraplanagem do terreno ou a superfície de uma obra-de-arte que receberá as demais camadas do pavimento;
- ✓ **Subleito:** o terreno de fundação do pavimento;
- ✓ **Reforço de Subleito:** uma camada de espessura constante com características geotécnicas inferiores às camadas que lhe forem superiores, porém superiores à camada do subleito;
- ✓ **Sub-base:** uma camada complementar utilizada quando não for recomendado, por características técnico-econômicas, construir a base diretamente sobre o reforço de subleito, quando existir, ou sobre o subleito;
- ✓ **Base:** a camada responsável por resistir e redistribuir as tensões oriundas do tráfego e sobre a qual será construído o revestimento;
- ✓ **Revestimento:** a camada mais impermeável possível que resiste ao desgaste causado pelo tráfego e tem a intenção de torná-lo mais confortável possível.

A Camada de Ligação ou *binder*, quando existente, é descrito como a camada posicionada logo abaixo do revestimento que “[...] pode ser projetada com um índice de vazios ligeiramente maior, com a finalidade de diminuir o teor de ligante e baratear a massa asfáltica.” (BERNUCCI et al., 2008, p. 162)

Todas as camadas de um pavimento desempenham papéis igualmente importantes na dissipação das cargas provenientes do tráfego e, para que isso ocorra da forma menos danosa possível e visando sua duração no tempo de projeto sem danos fora do aceitável e previsto, o estudo das melhores soluções de escolha dos materiais constituintes das camadas é de suma importância, de forma que suas características técnicas de funcionamento sejam condizentes com os esforços que elas irão resistir. Os principais materiais constituintes destas camadas assim como suas características são descritas nos subitens a seguir.

2.2.1 Bases e Sub-bases

Para Balbo (2007) a camada de Base possui a função de aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferiores, assim como também garantir uma certa drenagem subsuperficial dos pavimentos. Quando para desempenhar tal função a camada de Base fica muito espessa, utiliza-se uma segunda camada denominada Sub-base, com a intenção de torná-la mais economicamente viável.

Considerando-se os diversos materiais disponíveis para a composição destas camadas, assim como o grau de rigidez de cada uma delas, o manual de pavimentação do DNIT (2006) faz uma divisão das bases e sub-bases em Bases e Sub-bases Flexíveis, Semirrígidas e Rígidas.

2.2.1.1 Flexíveis e Semirrígidas

O mesmo material do DNIT faz a divisão das Bases e Sub-bases Flexíveis e Semirrígidas em Granulares e Estabilizadas com aditivos. Quando Granulares, podem ser com (DNIT, 2006):

✓ **Estabilização granulométrica**, sendo sempre flexíveis e formadas pela compactação de materiais com granulometria apropriada, podendo ser naturais – quando ocorrem em jazidas (cascalhos, saibros, etc.) ou oriundos de processos que melhoram suas características granulométricas, como britagem e peneiramento. Quando utilizado materiais naturais e pedra

britada, tem-se as bases e sub-bases de solo-brita, e quando utilizado exclusivamente produtos de britagem, tem-se bases e sub-bases de brita graduada (Figura 2.2) ou brita corrida;

Figura 2.2: Brita graduada utilizada em bases e sub-bases



Fonte: Site Mineração Florense²

✓ **Macadame Hidráulico e 29000**, sendo formados por brita de graduação aberta, que, após a compressão, tem seus vazios preenchidos por pó de pedra ou por solo com granulometria e plasticidade apropriadas. Para garantir o preenchimento dos vazios, estes materiais são espalhados, comprimidos e irrigados (no caso de macadame hidráulico) ou não (no caso de macadame seco). Na Figura 2.3 é apresentado um exemplo de macadame hidráulico utilizado em bases e sub-bases.

² Disponível em: <<http://www.mineracaoflorense.com.br/projects/brita-graduada-simples-usinada/>> Acesso em: 3 jul. 2019.

Figura 2.3: Macadame hidráulico utilizado em bases e sub-bases



Fonte: Site Mineração Florense³

Quando Estabilizadas com aditivos, os processos tecnológicos e construtivos são semelhantes às granulares por estabilização granulométrica, porém diferentes por receberem aditivos. Podem ser estabilizadas com (DNIT, 2006):

✓ **Cimento**, possuindo elevado grau de rigidez à flexão com teores de cimento entre 6% e 10% (Solo-cimento) ou modificando apenas sua plasticidade e sensibilidade à água, porém ainda flexíveis, quando em teores de 2% a 4% (Solo Melhorado com Cimento). Na Figura 2.4 é apresentada a execução de uma camada de base estabilizada com cimento.

³ Disponível em: <<http://www.mineracaoflorense.com.br/projects/macadame/>> Acesso em: 3 jul. 2019.

Figura 2.4: Base estabilizada com cimento



Fonte: Site da Apasi⁴

✓ **Cal**, que, quando em teores de 5% a 6%, podem desenvolver uma cimentação fraca, através do processo de carbonatação, ou forte, através do processo de pozolanização, sendo consideradas semirrígidas ou modificando apenas sua plasticidade e sensibilidade à água, sendo consideradas flexíveis;

✓ **Betume**, quando misturados com água e solo, sendo consideradas flexíveis. Na Figura 2.5 é apresentado um exemplo de base estabilizada com betume.

⁴ Disponível em: <<https://apasi.com.br/galeria/156>> Acesso em: 3 jul. 2019.

Figura 2.5: Base estabilizada com betume



Fonte: Moreira (2015)⁵

2.2.1.2 Rígidas

Segundo o DNIT (2006), são camadas constituídas por concreto de cimento, podendo ser de concreto plástico, quando adensadas por vibração manual ou mecânica, ou de concreto magro, quando semelhante ao concreto utilizado em fundações e com consistência apropriada para serem compactados por equipamentos rodoviários. São características por terem acentuada resistência à tração. Na Figura 2.6 é apresentado um exemplo de base rígida.

⁵ Disponível em: <http://www.assender.com.br/wp-content/uploads/2015/09/estabilizacao_betuminosa.pdf>
Acesso em: 3 jul. 2019.

Figura 2.6: Base rígida



Fonte: Site da revista Técnica⁶

2.2.1.3 Bases e Sub-bases Recicladas

Visando a redução de custos e também da quantidade de rejeitos produzidos, é importante frisar o crescente uso de materiais reciclados e reutilizados para a composição destas camadas de base, sub-base e reforço de subleito em pavimentação, como: escória de alto-forno, agregado reciclado de resíduo sólido de construção civil e demolições, rejeitos de extração de rochas ornamentais, mistura asfáltica fresada, entre outros (BERNUCCI et al., 2008).

Na Figura 2.7 é apresentado um exemplo de base executada com material reciclado.

⁶ Disponível em: <<http://technet17.pini.com.br/engenharia-civil/152/melhores-praticas-aplicacao-de-concreto-compactado-com-rolo-285783-1.aspx>> Acesso em: 3 jul. 2019.

Figura 2.7: Base executada com material reciclado



Fonte: Site da Prefeitura de Fortaleza⁷

2.2.2 Revestimentos

Balbo (2007) atribui aos revestimentos a função de resistência às cargas horizontais, necessitando, portanto, ser compostos por materiais bem aglutinados ou dispostos de maneira a evitar uma movimentação horizontal, já que estes estão diretamente expostos aos esforços horizontais causados pelos veículos.

Usando os mesmos princípios de classificação, o manual de pavimentação do DNIT (2006) separa os revestimentos em Revestimentos Flexíveis e Rígidos, sendo suas características descritas nos subitens a seguir.

2.2.2.1 Flexíveis

Os revestimentos flexíveis são usualmente agrupados em dois grandes grupos, os Revestimentos Flexíveis Betuminosos e os Revestimentos Flexíveis por Calçamento. Quando Betuminosos, podem ser divididos em (DNIT, 2006):

⁷ Disponível em: <<https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/seinf-utiliza-material-reciclado-em-obras-da-copa>>
Acesso em: 3 jul. 2019.

✓ **Por Penetração Invertida**, quando é aplicado uma ou mais camadas de material betuminoso e, em seguida, espalha-se e comprime-se camadas de agregados com granulometria apropriada. Pode ser aplicado até três camadas semelhantes a esta, recebendo a denominação de tratamento superficial simples, duplo ou triplo;

✓ **Por Penetração Direta**, quando espalha-se e comprime-se camadas de agregados com granulometria apropriada, porém aplicando material betuminoso em cada camada, aplicando por fim uma camada de agregado miúdo sobre a última aplicação do material betuminoso;

✓ **Por Mistura**, quando os agregados são misturados com o betume antes da aplicação e compressão. Tal mistura pode ser a quente, quando são aplicados na rodovia ainda quentes, ou a frio, quando os tipos de agregados e de ligantes permitem a aplicação na rodovia em temperatura ambiente.

Na Figura 2.8 é apresentado um exemplo de revestimento flexível betuminoso.

Figura 2.8: Execução de um revestimento flexível betuminoso



Fonte: Site Guia da Engenharia⁸

Quando por Calçamento, podem ser utilizados (DNIT, 2006): alvenaria poliédrica feitas com camadas de pedras irregulares; paralelepípedos regulares feitos de granito, gnaisse

⁸ Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/pavimento-asfaltico/>> Acesso em: 3 jul. 2019.

ou basalto; ou *blockrets* intertravados de concreto . Este tipo de revestimento caiu em desuso na medida que foi aumentando o uso de pavimentos asfálticos e de concreto, porém possui algumas vantagens em trechos com rampas muito íngremes, quando se é necessário uma maior aderência com o pneu dos veículos; em trechos urbanos densamente povoados, quando tem-se a necessidade constante de serviços de água e esgoto; ou em aterros recém-construídos e subleito sujeitos a recalques acentuados.

Na Figura 2.9 é apresentado um exemplo de revestimento flexível por calçamento.

Figura 2.9: Revestimento flexível por calçamento



Fonte: Site da ABNT⁹

2.2.2.2 Rígidos

São revestimentos feitos com cimento Portland, areia, agregado graúdo e água distribuídos numa camada adensada. Quando rígidos, estes revestimentos funcionam ao mesmo tempo como base do pavimento (DNIT, 2006).

Já para Balbo (2007), tal ideia de que os revestimentos rígidos desempenham um papel simultâneo de base e revestimento torna-se equivocada devido ao importante papel hidráulico

⁹ Disponível em: <<http://abnt.org.br/paginampe/noticias/119-piso-intertravado-de-concreto>> Acesso em: 3 jul. 2019.

das bases, no caso de material granular, e também devido a necessidade em muitos dos casos de uma ou duas demais camadas abaixo da placa de concreto, o que o faz utilizar a denominação de Base para aquela camada subjacente à esta. Porém, neste trabalho, será seguido as definições impostas pelos manuais do DNIT devido à sua utilização obrigatória pela concessionária responsável pelo trecho de estudo.

Na Figura 2.10 é apresentado um exemplo de revestimento rígido.

Figura 2.10: Execução de um revestimento de concreto armado



Fonte: Site da Múltipla Construtora¹⁰

2.3 Principais tipos de pavimento

Considerando-se os diversos materiais que podem compor a estrutura de um pavimento e suas características, fica difícil achar um termo que defina toda a estrutura. Para Balbo (2007) as tentativas de definições se tornam ineficientes, devido ao fato de não possuírem definições clássicas absolutamente coerentes, e também por estarem crivadas de limitações que levam em conta análises supostamente racionais, porém sem a dimensão da

¹⁰ Disponível em: <<https://www.multiplaconstrutora.com.br/portfolio/execucao-de-pavimento-rigido/>> Acesso em: 3 jul. 2019.

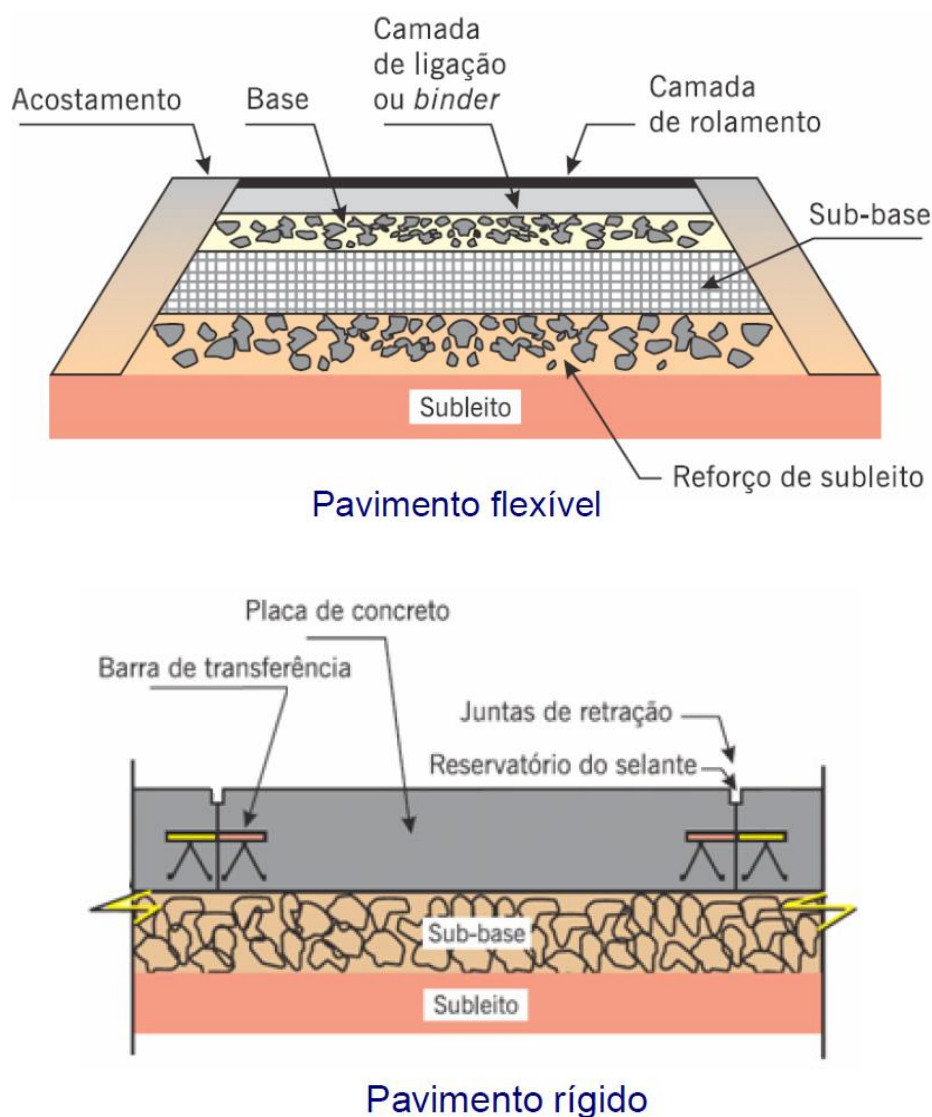
magnitude dos parâmetros analisados, que podem estar presentes em mais de um tipo de composição de pavimento.

Entretanto, para Bernucci et al. (2008), tradicionalmente os pavimentos rodoviários são divididos em rígidos e flexíveis. Os rígidos, atualmente chamados de pavimentos de concreto de cimento Portland, são revestidos com placas de concreto que têm suas espessuras fixadas em função da resistência à flexão dessas placas e também da resistência das camadas subjacentes a elas. Essas placas de concreto podem ser armadas ou não com barras de ferro e são assentadas sobre uma camada que recebe o nome de sub-base por ter características semelhantes à sub-base de pavimentos flexíveis. Os flexíveis, ou pavimentos asfálticos, são aqueles em que o revestimento é constituído basicamente por agregados e ligantes asfálticos e assentado sobre três camadas principais: base, sub-base e reforço do subleito. Esse revestimento pode ser constituído por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias de ligação, por vezes denominadas de *binder*.

Na Figura 2.11 é mostrada a disposição padrão das camadas constituintes dos pavimentos flexível e rígido.

O DNIT (2006), além de utilizar as terminologias pavimento flexível e rígido, acrescenta mais uma tipologia em seu manual de pavimentação, o pavimento semirrígido, caracterizado por uma base cimentada por algum aglutinante com características cimentícias, porém com um revestimento asfáltico sobre esta. Além disso, quando se trata de classificação de pavimentos, o manual já discorre sobre a característica de propagação dos esforços nesses pavimentos, sendo o pavimento flexível “[...] aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.”, e o pavimento rígido “aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.” (DNIT, 2006, p. 95)

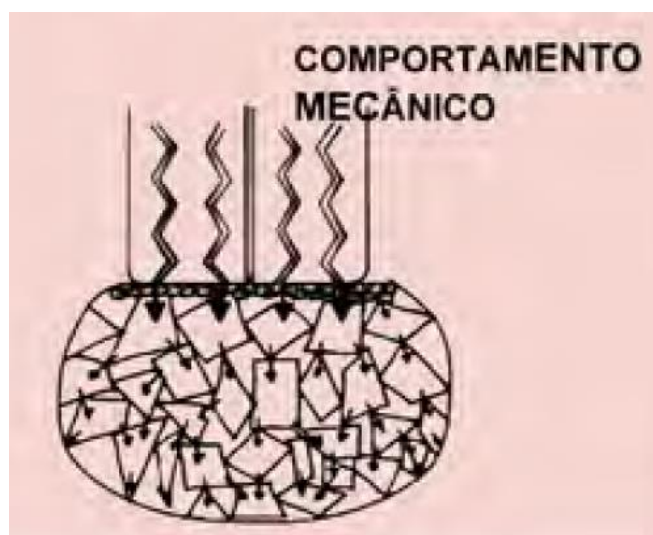
Figura 2.11: Camadas constituintes dos pavimentos rígido e flexível



Fonte: Bianchi (2008)

Adicionalmente o manual de pavimentação da CEPSA (2014) diz que, nos pavimentos flexíveis, as camadas granulares desempenham o papel de principal elemento resistente na estrutura, enquanto o revestimento desempenha o papel de impermeabilizante do pavimento, resistindo também ao desgaste causado pelo tráfego de veículos. As camadas granulares trabalham por atrito interno de suas partículas, distribuindo as tensões para a fundação, sendo necessário também uma certa permeabilidade nessas camadas para que a água infiltrada seja escoada com rapidez sem atrapalhar o desempenho destas. Na Figura 2.12 é mostrado o comportamento mecânico de pavimentos flexíveis com base em materiais granulares.

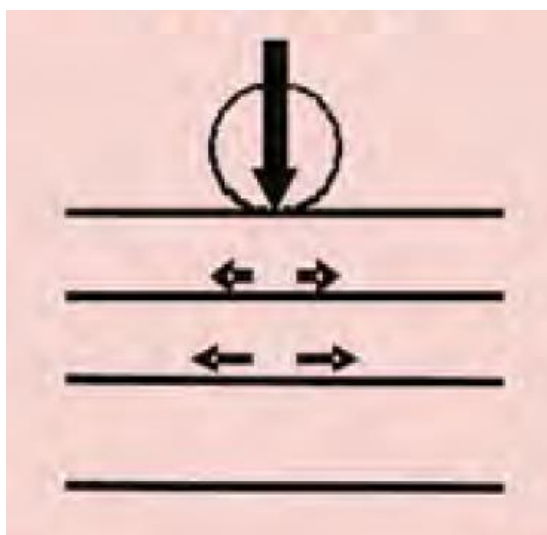
Figura 2.12: Comportamento Mecânico de Pavimentos Flexíveis com Bases Granulares



Fonte: Adaptado pelo autor com base em CEPISA (2014)

Nos Pavimentos semi-rígidos a função do revestimento é a mesma, porém, devido ao uso de aditivos, as camadas possuem uma maior rigidez quando comparadas às camadas dos pavimentos flexíveis, principalmente a base que absorve grande parte dos esforços induzidos pelo tráfego de veículos, reduzindo significativamente as tensões transmitidas à fundação (CEPSA, 2014). Na Figura 2.13 é mostrado o comportamento mecânico de pavimentos semi-rígidos.

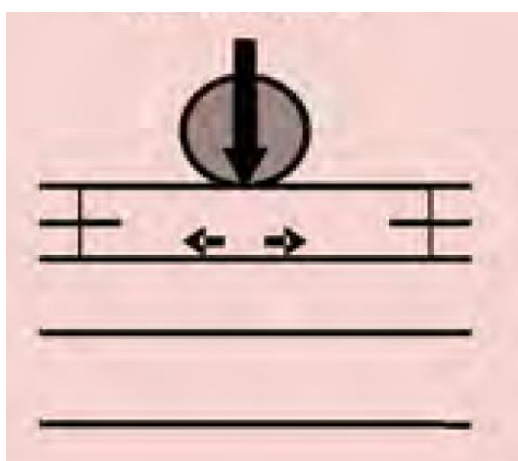
Figura 2.13: Comportamento Mecânico de Pavimentos Semirrígidos



Fonte: Adaptado pelo autor com base em CEPISA (2014)

Nos pavimentos rígidos, as placas de concreto podem ser depositadas diretamente sobre a fundação, apesar de não recomendado devido à possibilidade de erosões, ou podem existir camadas intermediárias (base e sub-base) com a função de proporcionar uma superfície de apoio e auxiliar na execução, porém estas placas desempenham simultaneamente o papel de revestimento, sendo desgastadas pelo tráfego de veículos, e de base, absorvendo as tensões provenientes deste tráfego (CEPSA, 2014). Na Figura 2.14 é mostrado o comportamento mecânico de pavimentos rígidos.

Figura 2.14: Comportamento Mecânico de Pavimentos Rígidos



Fonte: Adaptado pelo autor com base em CEPSA (2014)

No geral, a escolha de qual tipo de pavimento a ser utilizado deve ser baseado em estudos de viabilidade econômica, levando em conta os custos e benefícios de cada um, assim como os materiais disponíveis para a execução de cada um e o tráfego que o mesmo irá resistir, prevendo possíveis necessidades de manutenção.

No Brasil percebe-se uma certa priorização de pavimentos flexíveis devido a uma falsa premissa de que pavimentos com custos iniciais mais baixos são financeiramente mais vantajosos, porém tal argumento cai por terra visto a frequente necessidade de manutenção desse tipo de pavimento quando comparado aos pavimentos rígidos, o que deixou a malha rodoviária bastante vulnerável às condições climáticas de umidade e temperatura e ao crescente volume de tráfego de cargas, diminuindo sua durabilidade (BENEDETTI et al., 2013).

2.4 Degradação dos pavimentos

Os materiais constituintes de um pavimento sofrem danos com o decorrer de sua vida útil, sejam eles por agentes ambientais, pelo excesso de carga não previsto em alguns veículos, pelas características variadas e, por vezes, mal compatibilizadas dos materiais utilizados, e até por falhas no dimensionamento do pavimento na etapa do projeto. Tais danos, consequentemente, influenciam nas características funcionais do mesmo, fazendo com que ele não atenda mais às características estruturais para os quais foram utilizados.

Para Balbo (2007), não existe um critério ou uma combinação de critérios universalmente aceita de como se dá a ruptura de um pavimento, porém deve-se ter um entendimento dos mecanismos de danificação para cada tipo de pavimento a fim de, no dimensionamento, prever o que o levará a ruptura.

As condições da superfície, do ponto de vista do usuário, é o fator que mais influência no seu conforto, sendo perceptível a presença de defeitos e irregularidades. Tais defeitos afetam também as condições de funcionamento do veículo, fazendo com que haja um aumento nos custos de manutenção do veículo, na quantidade de gasolina por viagem, da frequência da troca de pneus, ou seja, garantir o funcionamento adequado da superfície dos pavimentos é diminuir os custos relacionados ao transporte. Para melhorar as condições de superfície e, consequentemente, para que esses custos adicionais sejam contornados, é necessário estudar os tipos de defeitos de superfície, visando um embasamento no diagnóstico dos defeitos e na elaboração da melhor solução para contorná-los (BERNUCCI et al., 2008).

A norma DNIT 005/2003 – TER define as terminologias utilizadas no país para esses defeitos, que podem ser Fenda, Afundamento, Ondulação ou Corrugação, Panela ou Buraco, Escorregamento, Exsudação, Desgaste ou Remendo (DNIT, 2003). A definição de cada tipo de defeito, assim como suas prováveis causas, são descritas a seguir.

2.4.1 Terminologia dos defeitos

Neste subitem serão abordadas as terminologias utilizadas pelo DNIT para caracterização dos diversos defeitos possíveis de ocorrer nos pavimentos.

2.4.1.1 Fenda

As fendas são aberturas na superfície do pavimento que podem ser divididas tanto pela gravidade quanto pela tipologia. Quanto à gravidade, pode ser classe 1 (não ultrapassando 1 mm), classe 2 (ultrapassando 1 mm) ou classe 3 (ultrapassando 1 mm e apresentando uma degradação nas bordas) (BERNUCCI et al., 2008).

Quanto à tipologia são divididas em (DNIT, 2003):

✓ **Fissura**, sendo entendido como uma fenda existente no revestimento que pode ser vista a olho nu a distâncias inferiores a 1,5 m, podendo ser posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, e se caracterizando por ainda não causarem problemas funcionais ao revestimento;

✓ **Trinca**, sendo entendido como uma fenda com abertura superior à da fissura, podendo ser Isolada ou Interligada. Quando Trinca Isolada, pode ser transversal (Figura 2.15), ou seja, ortogonal ao eixo da via, curta (até 100 cm) ou longa (acima de 100 cm); longitudinal (Figura 2.16), ou seja, paralela ao eixo da via, curta (até 100 cm) ou longa (acima de 100 cm); ou de retração (Figura 2.17), atribuída aos fenômenos de retração térmica do revestimento ou das camadas subjacente à ele. Quando Trinca Interligada, pode ser tipo “Couro de Jacaré” (Figura 2.18), sendo trincas interligadas sem direções preferenciais se assemelhando ao couro de um jacaré; ou tipo “Bloco” (Figura 2.19), sendo trincas interligadas formadas com lados bem definidos.

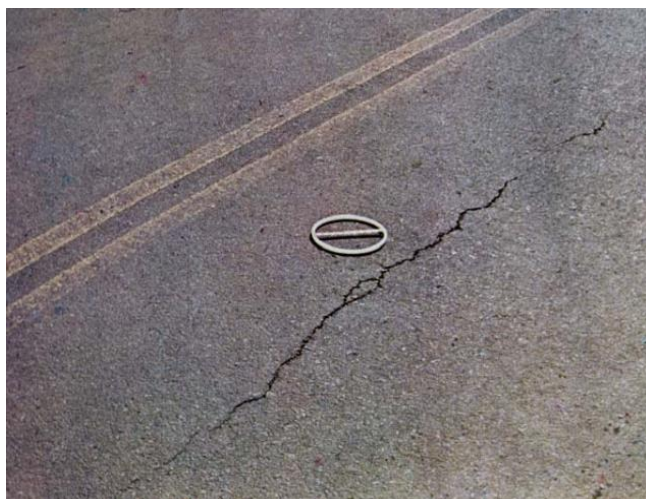
Figura 2.15: Trinca isolada transversal



Fonte: DNIT (2003)

Podem ser causadas pela reflexão de juntas ou trincas nas camadas inferiores, sendo devido à movimentação térmica e/ou cargas do tráfego, ou pela retração da própria camada asfáltica (SILVA, 2008).

Figura 2.16: Trinca isolada longitudinal



Fonte: DNIT (2003)

As possíveis causas, quando curtas podem ser por falhas na execução, na temperatura de compactação, na dosagem da mistura, ou pelo envelhecimento do ligante asfáltico; quando longas, além das supracitadas, podem ser por recalques diferenciais e por falha de juntas longitudinais de diferentes frentes de compactação (BERNUCCI et al., 2008).

Figura 2.17: Trinca isolada de retração



Fonte: Bernucci et al. (2008)

Podem ser causadas pela reflexão de trincas de placas de concreto ou de trincas preexistentes (BERNUCCI, 2008).

Figura 2.18: Trinca tipo “Couro de Jacaré”



Fonte: DNIT (2003)

As possíveis causas são pela ação de repetição de cargas do tráfego (fadiga), ação térmica, envelhecimento do ligante, compactação deficiente do revestimento, deficiência no teor de ligante asfáltico, subdimensionamento, rigidez excessiva do revestimento, reflexão de trincas preexistentes, recalques diferenciais, entre outros (BERNUCCI et al., 2008).

Figura 2.19: Trinca tipo “Bloco”



Fonte: DNIT (2003)

Podem ser causadas pela retração do revestimento asfáltico devido a variações diárias de temperatura, levando a um significativo endurecimento (SILVA, 2008).

2.4.1.2 Afundamento

É uma deformação permanente que causa uma depressão na superfície do pavimento, podendo ser dividida em (DNIT, 2003):

- ✓ **Afundamento Plástico**, sendo causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento, acompanhado de solevamento, podendo ser afundamento plástico local – com extensão de até 6 m ou afundamento plástico da trilha de roda (Figura 2.20) – com extensão superior a 6 m;

- ✓ **Afundamento de Consolidação**, sendo causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento, sem estar acompanhado de solevamento, podendo ser local – com extensão até 6 m ou da trilha de roda (Figura 2.21) – com extensão superior a 6 m e podendo apresentar trincas dentro das trilhas de roda.

Figura 2.20: Afundamento plástico de trilha de roda



Fonte: DNIT (2003)

As possíveis causas são falhas na dosagem de misturas asfálticas, excesso de ligante asfáltico ou por falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante (BERNUCCI et al., 2008).

Figura 2.21: Afundamento por consolidação em trilha de roda



Fonte: Bernucci et al. (2008)

As possíveis causas são densificação ou ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento, ou deslocamento da película de asfalto junto ao agregado (BERNUCCI et al., 2008)

2.4.1.3 Ondulação ou Corrugação

Segundo Silva (2008), são ondulações transversais ao eixo da via, espaçadas em intervalos menores do que 3 m, associadas às tensões cisalhantes horizontais causadas pela frenagem e aceleração de veículos.

Já Bernucci et al. (2008) afirma que ondulação e corrugação, apesar de serem classificadas igualmente pelo DNIT, são causadas por fenômenos diferentes e se diferenciam pelo intervalo entre as cristas, sendo as corrugações intercaladas até por dezenas de centímetros e as ondulações intercaladas até a ordem de metros. Na Figura 2.22 é apresentado um exemplo da aparência de uma corrugação/ondulação.

Figura 2.22: Corrugação ou Ondulação



Fonte: DNIT (2003)

As possíveis causas, quando corrugação, é o efeito da fluência da massa asfáltica, quando ondulação, decorrente do adensamento diferencial do subleito (BERNUCCI et al., 2008).

2.4.1.4 Escorregamento

Segundo o DNIT (2003), é um deslocamento do revestimento em relação à sua camada subjacente, formando fendas em forma de meia-lua.

Esse tipo de defeito ocorre principalmente em áreas de frenagem e de interseções (SILVA, 2008). Na Figura 2.23 é apresentado um exemplo de escorregamento do revestimento.

Figura 2.23: Escorregamento



Fonte: DNIT (2003)

As possíveis causas são escorregamento da massa asfáltica por fluência devido ao excesso de ligante, escorregamento devido às falhas construtivas ou falha na pintura de ligação (BERNUCCI et al., 2008).

2.4.1.5 Exsudação

Segundo o DNIT (2003), é um excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento proveniente da migração deste através do revestimento.

Silva (2008) afirma que, às vezes, este tipo de defeito pode ser encontrado nos tratamentos superficiais, lama asfáltica, entre outros, sendo sua medida em metro quadrado de área afetada. Na Figura 2.24 é apresentado um exemplo de exsudação.

Figura 2.24: Exsudação



Fonte: DNIT (2003)

As possíveis causas são falhas de dosagem com excesso de ligante, segregação da massa com penetração do ligante em alguns pontos e falta em outros, ou por cravamento de agregados na base e ascensão do ligante (BERNUCCI et al., 2008).

2.4.1.6 Desgaste

Segundo o Silva (2008), é um estágio avançado de desgaste superficial, caracterizado pela aspereza da superfície do pavimento e sendo sua unidade medida em metro quadrado de área afetada. Na Figura 2.25 é apresentado um exemplo de desgaste do pavimento.

Figura 2.25: Desgaste



Fonte: DNIT (2003)

As possíveis causas são falhas de adesividade entre o ligante e o agregado, presença de água aprisionada, deficiência no teor de ligante ou problemas executivos de misturas (BERNUCCI et al., 2008)

2.4.1.7 Panela ou Buraco

Segundo o mesmo material do DNIT (2003), é uma cavidade que se forma no revestimento que pode alcançar as camadas subjacentes a ele, causando uma desagregação dessas camadas.

Silva (2008) afirma que buracos são evoluções de trincas, afundamentos ou desgastes, onde a água é protagonista na evolução desses efeitos com a desagregação dos agregados, sendo sua unidade de medida em metro quadrado. Na Figura 2.26 é apresentado um exemplo de panela.

Figura 2.26: Panela ou Buraco



Fonte: DNIT (2003)

As possíveis causas são evolução de trincas interligadas, sob a ação do tráfego e de intempéries, onde houve remoção do material asfáltico, deficiência na compactação, umidade excessiva nas camadas de solo ou falha na pintura de ligação (BERNUCCI et al., 2008).

2.4.1.8 Remendo

Segundo a terminologia do DNIT (2003), remendo é o preenchimento de panelas com uma ou mais camadas de pavimento em uma operação chamada de “tapa-buraco” e, apesar de ser um serviço de conservação, é considerado como defeito por refletir o mau estado da estrutura original e por influenciar na irregularidade longitudinal da via. Pode ser classificado em dois tipos: Remendo Superficial, quando há substituição apenas do revestimento afetado, e Remendo Profundo, quando substitui-se também as camadas inferiores ao revestimento.

Na Figura 2.27 é apresentado um exemplo de remendo considerado como defeito.

Figura 2.27: Remendo mal executado



Fonte: Bernucci et al. (2008)

A possível causa é a má execução da revitalização do pavimento.

2.4.2 Codificação dos Defeitos

A norma DNIT 005/2003 – TER (BRASIL, 2003) ainda traz uma codificação desses defeitos utilizada nos métodos de avaliação de qualidade de pavimentos no Brasil. No Quadro 2.1 é apresentado a codificação dos defeitos supracitados, exceto de fendas, e no Quadro 2.2 é apresentado a codificação de fendas, separadas por gravidade e por tipologia.

Quadro 2.1: Codificação dos demais defeitos utilizada nas normas do DNIT

OUTROS DEFEITOS			CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	ALP
		da Trilha	ATP
	De Consolidação	Local	ALC
		da Trilha	ATC
Ondulação/Corrugação			O
Escorregamento			E
Exsudação			EX
Desgaste			D
"Painelas"			P
Remendo	Superficial		RS
	Profundo		RP

Fonte: Adaptado pelo autor com base em DNIT (2003)

Quadro 2.2: Codificação das fendas utilizada nas normas do DNIT

FENDAS			CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras			FI	-	-	-
Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
		Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
	Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
		Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
		Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
		Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

Fonte: Adaptado pelo autor com base em DNIT (2003)

2.4.3 Mecanismos de degradação

Entender através de quais mecanismos de degradação surgem os defeitos é de suma importância no dimensionamento do pavimento. O que faz mais sentido mecânico é o de ruptura por resistência dos materiais constituintes, quando a carga imposta sobre o pavimento é superior àquela que os materiais das camadas responsáveis pela distribuição desta carga resistem, o que ocasiona a ruptura imediata da camada afetada.

Além da ruptura por resistência, em seu livro sobre pavimentação asfáltica, Balbo (2007) divide os principais mecanismos de ruptura em:

✓ **Danificação por fadiga**, quando a carga imposta não é suficiente para ultrapassar a resistência dos materiais, porém, a cada repetição desta carga, os materiais sofrem pequenas alterações em suas estruturas internas e perdem pouco a pouco suas características funcionais. O resultado deste processo é o desenvolvimento de microfissurações que culminam na fratura do material e, conseqüentemente, sua ruptura. É um mecanismo extremamente frequente tanto em pavimentos rígidos quanto em flexíveis;

✓ **Deformação plástica das camadas**, frequente em pavimentos flexíveis e mais comum em situações de fluxo constante de veículos pesados canalizados em uma só faixa ou quando há uma baixa resistência dos materiais empregados nas camadas subjacentes, o que causa uma deformação permanente no revestimento, seja por redução dos vazios nos materiais granulares subjacentes ou por escorregamento lateral do material do revestimento quando não há possibilidade de redução desses vazios. Tal mecanismo apresenta uma ruptura funcional do pavimento, quando há perda da qualidade de rolamento;

✓ **Retração hidráulica**, como sendo variações volumétricas na massa de concreto através da evaporação da água presente nessa massa no período de hidratação do cimento (logo após a pega), o que causa fissurações na estrutura interna do concreto e, conseqüentemente, o levando a ruptura. Ocorre em pavimentos rígidos ou misturas cimentadas;

✓ **Retração térmica**, como sendo o processo de variação volumétrica do concreto portland ou das misturas tratadas com cimento através da liberação de calor de hidratação na massa fresca do concreto ou da exposição a agentes externos como a insolação ou qualquer fonte constante de calor, onde a variação térmica causa esta variação volumétrica e, conseqüentemente, ocasionando o aumento de fissuras existentes e até o surgimento de novas fissuras. Pode ocorrer também de outra maneira, tanto nas massas de concreto quanto nas misturas asfálticas, a exposição constante desses materiais a baixas temperaturas, causando a retração do material e, conseqüentemente, sua ruptura;

✓ **Propagação de fissuras**, quando há fissuração na camada subjacente ao revestimento, sendo ela de mistura asfáltica ou cimentada, o que ocasiona uma descontinuidade na distribuição de cargas, quando solicitada, gerando uma diferença de tensões e, conseqüentemente, causando a fissuração do revestimento. Pode ocorrer também através de movimentos verticais diferenciais na camada inferior ao revestimento, geralmente quando esta é constituída de materiais de baixa resistência, ocasionando também a fissuração do revestimento;

✓ **Bombeamento de finos**, quando as camadas inferiores de solo encontram-se saturadas, seja por falha na drenagem desses solos ou por infiltração de água através de fissuras no revestimento, e, quando solicitadas a cargas de tráfego, expulsam um material fino impregnado no material original destas camadas. Esse material pode gerar vazios na estrutura

do pavimento e também causa a contaminação de camadas granulares que perdem suas capacidades originais de propagação de esforços, aumentando sua deformação e, conseqüentemente, causando processos de afundamento, fissuração e até de desagregação do material (surgimento de buracos);

✓ **Oxidação dos asfaltos dos revestimentos**, quando o asfalto do revestimento asfáltico sofre alterações químicas ao entrar em contato com lubrificantes ou combustíveis dos veículos, com águas sulfaradas, ou até, em casos excepcionais de acidentes, com material químico derramado na pista. Fatores climáticos também podem desencadear essas reações, como a radiação solar e chuvas ácidas. A consequência disto é o aumento da viscosidade, perda de elasticidade e aumento da fragilidade do material asfáltico depois de envelhecido, tornando-o quebradiço e culminando em fissuras. Outro processo que pode ocorrer é o aumento da suscetibilidade à temperatura e deformações permanentes nestes materiais.

2.4.4 Conceito de Serventia

A ocorrência de defeitos nos pavimentos tem impacto direto no conforto de rolamento dos usuários. Uma forma dentre várias de avaliar esse conforto, ou seja, o nível de funcionalidade do pavimento é o valor da *serventia* ou, como é utilizado no Brasil, o Valor da Serventia Atual (VSA), sendo este segundo Bernucci et al. (2008, p. 404):

[...] uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um determinado momento da vida do pavimento.

No Quadro 2.3 são apresentados os níveis de serventia e como é avaliado o conforto de acordo com cada nota.

Quadro 2.3: Níveis de serventia

Padrão de conforto ao rolamento	VSA
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Bernucci et al (2008)

Pode-se inferir que quanto menor a nota do VSA, maior o risco à segurança do usuário e também maiores serão os gastos já discutidos relacionados a más condições de superfície, sendo este portanto uma ótima referência para embasar necessidade de intervenções em um pavimento.

2.5 Dimensionamento de pavimentos

Dimensionar um pavimento viário é, basicamente, determinar as espessuras das camadas que o constitui, assim como os materiais utilizados nestas camadas, de forma que o conjunto resista às cargas pré-estabelecidas de tráfego sem que entre em processo de ruptura ou qualquer tipo de degradação descrita no item 2.4.

No Brasil a metodologia de dimensionamento de pavimentos flexíveis utilizada em rodovias federais, pavimento do trecho de estudo do trabalho em questão, é Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis - DNER 667/22 de 1981 do extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Tal metodologia é baseada no método de autoria de W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos E.E.U.U. com dados experimentais obtidos na Pista Experimental da *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO (DNER, 1981). Ela consiste em: uma análise da capacidade de suporte do subleito e dos materiais granulares das camadas do pavimento através dos valores de California Bearing Ratio - CBR desses materiais, classificando-os com base na utilização destes em cada camada do pavimento em função do CBR; seguido pelo cálculo do número equivalente N de repetições de uma carga tomada como padrão; seguido pela análise do fator climático que leva em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as estações do ano; finalizando com a proposição de espessuras mínimas para cada camada levando em conta as variáveis previamente mencionadas.

Entretanto, essa metodologia baseada nos experimentos realizados na AASHTO traz problemas por ter uma pequena variabilidade de materiais e tipos de pavimentos, por não considerar a relação entre a idade do pavimento e o tráfego, por não considerar a previsão das influências do clima local, por ter sido realizado em um ambiente com condições climáticas diferentes do Brasil, além de não levar em conta a compatibilidade entre tensões e deformações, bem como o fenômeno de fadiga dos materiais, entre outros (BALBO, 2007).

É perceptível quão defasado este método é, visto os avanços tecnológicos obtidos na análise estrutural de pavimentos desde 1981, data de elaboração do documento do DNER, inclusive no Brasil. Portanto é de suma importância a revisão destes métodos de dimensionamento não se baseando somente em experiências de campo, mas em análises estruturais mais profundas e abrangentes dos pavimentos para que este possa atender às necessidades reais de cada local.

2.6 Avaliação das condições do pavimento

A avaliação das condições do pavimento têm como intuito o de avaliar a qualidade do pavimento quanto: ao conforto de rolagem, às condições de integridade da estrutura do pavimento e a segurança do usuário ao trafegar na via. Neste item será utilizado apenas o que é definido nos manuais e normas do DNIT, pois são estes que embasam a avaliação do pavimento em rodovias federais concedidas.

Primeiramente deve-se entender o desempenho esperado do pavimento, sendo este dividido no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT em (DNIT, 2006):

✓ **Desempenho Funcional**, como sendo a capacidade do pavimento de atender à qualidade de rolamento esperada com a *serventia* adequada. A característica deste que mais impacta no VSA é a irregularidade longitudinal que, segundo o manual, é “o desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade ao rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via” (DNER, 1994 apud DNIT, 2006, p. 41). Pode-se inferir portanto que os pavimentos devem ser reabilitados quando os valores de *serventia* ou de irregularidade longitudinal atingirem os valores limites estimados;

✓ **Desempenho Estrutural**, como sendo a capacidade do pavimento de manter as características estruturais projetadas sem apresentar defeitos significativos. A maneira mais adequada de avaliar tal desempenho é através dos ensaios defletoométricos, onde coleta-se amostras de cada camada do pavimento no local defeituoso e realiza-se ensaios com o intuito de definir a melhor solução para o problema detectado. Pode-se inferir portanto que os pavimentos devem ser reabilitados quando atingirem níveis severos de trincamento, deformação ou irregularidade;

✓ **Desempenho Quanto à Segurança**, como sendo as características do pavimento que podem pôem em risco a segurança do usuário. Tais características são a resistência à

derrapagem e o potencial de hidroplanagem. Pode-se inferir portanto que os pavimentos devem ser reabilitados quando a existência de defeitos levam a uma maior tendência à derrapagem e à hidroplanagem.

Segundamente deve-se estabelecer parâmetros de referência com o intuito de avaliar através de índices mensuráveis as (DNIT, 2006): Condições de Superfície, Condições Estruturais, Condições de Irregularidade Longitudinal, Condições de Aderência Pneu/Pavimento e Solicitações do Tráfego.

2.6.1 Condições de Superfície

As condições de superfície são avaliadas, além da classificação de defeitos expressa no item 2.4.1 deste trabalho, através dos valores de (DNIT, 2006):

✓ **Índice de Gravidade Global (IGG)**, como sendo um índice combinado de falhas apresentado pela norma DNIT 006/2003-PRO que mede as profundidades dos afundamentos nas trilhas de roda e também a ocorrência dos defeitos contidos nos Quadros 2.1 e 2.2 deste trabalho. O cálculo deste índice consiste na atribuição de pesos para a ocorrência de cada defeito mencionado no segmento avaliado, mensurando o quanto de impacto tem cada defeito em relação ao valor de *serventia*. Tal índice permite classificar o estado geral de um segmento de pavimento através dos conceitos apresentados no Quadro 2.4.

Quadro 2.4: Condições do pavimento em função do IGG

CONCEITO	LIMITES
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNIT (2006)

✓ **Percentual de área afetada**, como sendo a relação percentual entre a área afetada por algum defeito e a área analisada do pavimento, apresentada pela norma DNIT 007/2003-PRO. Este procedimento classifica as trincas transversais e longitudinais em relação a sua abertura e as mensura de acordo com o seu comprimento, calculando a área afetada através da atribuição

de uma faixa de influência de 15 cm, e calcula a área dos demais defeitos através de um retângulo desenhado sobre a pista contendo o local afetado;

✓ **Índice da Condição do Pavimento Flexível (ICPF), Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES)**, sendo estes parâmetros apresentados pela norma DNIT 008/2003-PRO, uma síntese das normas DNIT 007/2003-PRO e DNIT 009/2003-PRO. O valor do IES é avaliado através dos valores de ICPF e IGGE, conforme mostrado no Quadro 2.6, sendo o valor de ICPF avaliado conforme os critérios definidos no Quadro 2.5 e o valor de IGGE avaliado conforme descrito na norma DNIT 006/2003-PRO e apresentado no Quadro 2.4;

Quadro 2.5: Conceitos do ICPF

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

Fonte: DNIT (2006)

Quadro 2.6: Avaliação do IES

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT (2006)

✓ **Valor de Serventia Atual (VSA)**, apresentado pela norma DNIT 009/2003-PRO e previamente descrito no item 2.4.4 deste trabalho.

2.6.2 Condições Estruturais

As condições estruturais são avaliadas através de análises de índices obtidos em ensaios dos materiais do pavimento no local (não-destrutivos) ou em laboratório (destrutivos).

Primeiramente, o manual do DNIT (2006) atribui a importância da análise de defeitos superficiais, através dos ensaios no pavimento, com o intuito de avaliar os efeitos do tráfego na estrutura do mesmo. Os ensaios não-destrutivos trazem indicativos iniciais de análise do comprometimento estrutural do pavimento, sendo estes a existência de mais de 20% de área afetada por trincamento por fadiga ou a existência de afundamento de trilha de roda superiores a 1,2 cm de profundidade (flecha). Além desses parâmetros iniciais existem diversos ensaios não-destrutivos para avaliação estrutural de um pavimento, porém será dado enfoque neste trabalho à análise das deformações elásticas ou permanentes através do valor de Deflexão Recuperável Máxima (D_0) obtida no ensaio por equipamento dinâmico de impacto (Figura 2.28) ou *Falling Weight Deflectometer* (FWD) devido ao fato de ser o método de avaliação exigido pelo PER da concessionária em questão.

Figura 2.28: Falling Weight Deflectometer Pavesys (FWD)



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Segundo o DNIT (2006), o método de ensaio por equipamento dinâmico de impacto, normalizado pelo DNER PRO 273/96, consiste na queda livre de um peso elevado até uma altura pré-estabelecida atingindo um placa apoiada na superfície do pavimento, transmitindo uma força de impulso à estrutura que responde ao impacto, sendo esta resposta registrada por sensores na base do equipamento. Com a obtenção desses dados é calculado o valor da Deflexão Recuperável Máxima, um valor relacionado ao desempenho da estrutura quando aplicado uma carga que a solicite, sendo este intimamente ligado à concepção estrutural do pavimento e às características elásticas das camadas constituintes.

A partir dos valores de D_0 é necessário o cálculo da Deflexão Característica (D_C) de segmentos de extensão máxima de 1km de rodovia, pois o parâmetro definido pelo PER para avaliação do desempenho estrutural da rodovia é acima desse valor. O cálculo da Deflexão Característica é apresentado pela norma DNER PRO 011/79, onde são estabelecidos, dentre outros, os procedimentos necessários para avaliação estrutural de pavimentos flexíveis existentes. A norma define os seguintes procedimentos de cálculo:

- ✓ Calcula-se a média aritmética, D (média), dos valores individuais (média da amostra):

$$D = \frac{\sum d_i}{n} \quad (1)$$

Onde: d_i = deflexão recuperável máxima;

n = representa o número de valores individuais computados (número de indivíduos componentes da amostra);

- ✓ Determina-se o valor do desvio-padrão da amostra, σ , através da expressão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (d_i - D)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

- ✓ Estabelece-se o intervalo de aceitação para os valores individuais, definindo-o através dos limites $D \pm z\sigma$, onde z é estimado em função de n mediante o critério constante no Quadro 2.7 apresentado:

Quadro 2.7: Valores de z de acordo com o número de amostras

n	z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
≥ 20	3

Fonte: Adaptado pelo autor com base em DNER (1979)

- ✓ Segue-se a eliminação de todos os valores individuais da distribuição situados fora do intervalo anteriormente definido, procedendo, então, o novo cálculo de D e σ com os valores remanescentes, bem como a fixação dos novos limites do intervalo de aceitação $[D \pm z\sigma]$ para a nova situação. Esse procedimento deve ser repetido, em cada caso, tantas vezes quantas forem necessárias para o enquadramento de todos os valores individuais remanescentes no intervalo $[D \pm z\sigma]$ determinado. Os valores de D e σ assim encontrados são considerados, respectivamente, como a média aritmética e o desvio-padrão da amostra;
- ✓ O valor do coeficiente de variação (cv) é determinado, para cada uma das distribuições através da expressão:

$$cv = \frac{\sigma}{D} \quad (3)$$

✓ Por fim o valor da deflexão característica, D_c , é determinado através da expressão:

$$D_c = D + \sigma \quad (4)$$

Os ensaios destrutivos consistem na retirada de material na região afetada para averiguação, através de ensaios de laboratório, dos valores de resistência, umidade, capacidade de suporte (CBR), entre outros valores estipulados em projeto com o intuito de averiguar, através dos métodos de dimensionamento de pavimento do DNIT, a vida remanescente do pavimento para os valores de carga de tráfego que recebem. Apesar da larga aplicabilidade destes métodos, o manual atribui desvantagens para ensaios destrutivos quando comparados com não-destrutivos, por (DNIT, 2006): não representarem as condições reais do material no local específico do problema, terem limitações de aplicabilidade em grande escala, introdução de um defeito no local da retirada do material para análise, entre outros. Os ensaios não-destrutivos portanto são os mais recomendados quando em conjunto com o inventário de defeitos, por (DNIT, 2006): auxiliar o projeto de reforço da estrutura, diferenciar os segmentos em função dos valores de deflexão, determinar causas dos defeitos e verificar os locais com falta de suporte ou excesso de vazios, diferenciar os períodos mais críticos de deterioração dos pavimentos, indicar a capacidade da estrutura de suportar o tráfego atual e futuro e avaliar os módulos de elasticidade por retro análise.

2.6.3 Condições de Irregularidade Longitudinal

As condições de irregularidade longitudinal podem ser medidas por diversos métodos, sendo os principais divididos em quatro grupos, sendo eles (DNIT, 2006): por sistemas de medidas diretas do perfil, sendo utilizado equipamentos de topografia ou instrumentos adequados; por sistemas de medidas indiretas do perfil, sendo utilizadas medidas mecanizadas do perfil; por sistemas baseados na reação do veículo (Figura 2.29), sendo utilizado instrumentos que determinam os movimentos do eixo em relação à carroceria do veículo; e por sistemas de medida com sonda sem contato, sendo utilizado equipamentos emissores de ondas sonoras ou raio laser, captando a reflexão destas ao atingirem a superfície do pavimento.

Figura 2.29: Scan Vias 3D



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

No Brasil o sistema mais difundido é o baseado na reação do veículo, porém este sistema traz problemas referentes à necessidade de calibração precisa da suspensão e dos pneus do veículo (DNIT, 2006). Entretanto, os veículos atualmente utilizados vêm equipados também com equipamentos de emissão de raio laser, o que traz uma fonte adicional para a obtenção desses dados tornando a avaliação cada vez mais precisa.

A escala padrão adotada no Brasil, reconhecida internacionalmente, é o Quociente de Irregularidade (QI), sendo sua unidade de medida expressa em contagens por quilômetro (cont./km). Porém, em 1982 foi estabelecida em Brasília a escala *International Roughness Index* (IRI), uma escala referência que pode ser comparável com os demais sistemas de medição, sendo sua unidade de medida expressa em m/km e possuindo uma correlação direta com o valor de QI na ordem de 13 para 1 ($QI = 13 \text{ IRI}$) (DNIT, 2006).

2.6.4 Condições de Aderência Pneu/Pavimento

As condições de aderência pneu/pavimento podem ser avaliadas através dos valores de (DNIT, 2006):

✓ **Valor de Resistência à Derrapagem (VRD)**, como sendo o valor obtido através do ensaio de que mensura o grau de escorregamento utilizando o Pêndulo Britânico (Figura 2.30). Este pêndulo possui na ponta uma placa de borracha que simula o pneus dos veículos e, quando liberado de uma altura pré-determinada, averigua a perda de energia devido à fricção entre a borracha e a superfície do pavimento.

Figura 2.30: Pêndulo Britânico



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Os valores limites do VRD são expressos no Quadro 2.8.

Quadro 2.8: Avaliação das Condições de Aderência Pneu/Pavimento

CLASSES DE RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM / MÉTODO DO PÊNDULO BRITÂNICO	
CLASSES	VRD - VALOR DE RESISTÊNCIA À DERRAPAGEM
1 - PERIGOSA	< 25
2 - MUITO LISA	25 - 31
3 - LISA	32 - 39
4 - INSUFICIENTEMENTE RUGOSA	40 - 46
5 - MEDIANAMENTE RUGOSA	47 - 54
6 - RUGOSA	55 - 75
7 - MUITO RUGOSA	> 75

Fonte: DNIT (2006)

✓ **Altura de Areia (HS)**, como sendo o valor obtido através do ensaio da mancha de areia (Figura 2.31). Tal ensaio avalia a macrotextura da superfície do pavimento, quantificando a densidade dos grãos individuais aflorados na superfície do mesmo e caracterizando-a em relação à sua capacidade de drenar a água confinada entre o pneu e o pavimento.

Figura 2.31: Ensaio da Mancha de Areia



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

A relação entre a resistência à derrapagem e a macrotextura da superfície do pavimento estão expressas no Quadro 2.9.

Quadro 2.9: Avaliação da Resistência à Derrapagem

AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA / MÉTODO DA ALTURA DE AREIA	
PROFUNDIDADE MÉDIA EM (mm)	TEXTURA SUPERFICIAL
HS < 0,20 mm	MUITO FINA OU MUITO FECHADA
0,20 mm < 0,40 mm	FINA OU FECHADA
0,40 mm < HS < 0,80 mm	MÉDIA
0,50 mm < HS < 1,20 mm	GROSSEIRA OU ABERTA
HS > 1,20 mm	MUITO GROSSEIRA OU ABERTA

Fonte: DNIT (2006)

2.6.5 Solicitações de Tráfego

A avaliação das solicitações de tráfego é de suma importância para o diagnóstico do pavimento, sendo diretamente ligada a degradação precoce do pavimento e o aumento dos valores de cargas para os quais o pavimento foi projetado, seja por desatualização dos valores de carga dos veículos de transporte que estão levando cada vez mais cargas, seja por desatualização dos valores de projeção do Volume Médio Diário do tráfego para os anos de

vida útil do pavimento. Portanto, para que seja elaborada a solução ideal para recuperação de pavimentos degradados, deve-se obter esses valores para verificação de suporte da estrutura do pavimento em relação às cargas que este irá receber.

2.7 Manutenção de pavimentos

Segundo Silva (2008), a manutenção de um pavimento consiste em um trabalho rotineiro que visa, na medida do possível, manter as condições originais de quando este foi construído, em condições normais de tráfego e temperatura.

Adicionalmente, o DNIT no seu Manual de Conservação Rodoviária introduz o termo conservação, relacionando as macroatividades de conservação com o conforto de rolamento do usuário e trazendo uma separação destas macroatividades em 5 principais grupos (DNIT, 2005): a Conservação Corretiva Rotineira, Conservação Preventiva Periódica, Conservação de Emergência, Restauração e Melhoramentos da rodovia.

Pode-se inferir a importância da avaliação e análise correta dos problemas existentes no pavimento para a tomada da atitude de conservação adequada, assim como também a definição das melhores estratégias de manutenção, para que os custos envolvidos nestes processos sejam minimizados a longo prazo e para que a vida útil do pavimento seja prolongada.

2.7.1 Conservação Corretiva Rotineira

É o conjunto de atividades de conservação que têm o objetivo de reparar um problema existente para reestabelecer as condições de conforto de rolamento. As principais tarefas, executadas em pavimentos, desse grupo são (DNIT, 2005):

- ✓ **Selagem de trincas**, como sendo a aplicação de material asfáltico sobre trincas e fissuras existentes no pavimento a fim de evitar a infiltração de água nas camadas inferiores;
- ✓ **Tapa buraco**, como sendo a reparação de buracos ou depressões secundárias existentes no pavimento a fim de evitar a evolução desses defeitos;
- ✓ **Remendo profundo**, como sendo a remoção da base com defeito e a substituição desta por uma com melhores condições de suporte, executando novamente o revestimento com material asfáltico. Pode ser com demolição mecanizada ou manual.

2.7.2 Conservação Preventiva Periódica

É o conjunto de atividades de conservação realizadas periodicamente que têm o objetivo de evitar o surgimento ou a evolução de defeitos, sendo sua frequência dependente das características de tráfego, topografia e clima do local. As principais tarefas, executadas em pavimentos, desse grupo são (DNIT, 2005):

- ✓ **Capa selante com pedrisco**, como sendo a aplicação de material betuminoso e de agregado com o intuito de corrigir os revestimentos defeituosos com trincas e fissuras, melhorando a impermeabilização e as condições de aderência deste e combatendo a oxidação do ligante;

- ✓ **Lama asfáltica fina**, como sendo a aplicação de agregado miúdo (*filler*), emulsão asfáltica e água, formando uma mistura fluida;

- ✓ **Recomposição do revestimento com areia asfalto**, como sendo a aplicação de uma capa de mistura asfáltica com o intuito de corrigir defeitos na superfície e podendo ser a frio ou a quente;

- ✓ **Recomposição do revestimento com mistura betuminosa**, como sendo a aplicação de uma capa de mistura asfáltica com o intuito de corrigir defeitos na superfície e recompor a seção transversal do pavimento, podendo também ser a frio ou a quente;

- ✓ **Combate à exsudação com pedrisco**, como sendo a aplicação de agregado na superfície exsudada evitando a subida do material betuminoso;

- ✓ **Fresagem**, como sendo o recorte de parte da superfície do pavimento, substituindo-a por outra com características diferentes;

- ✓ **Reciclagem de pavimentos**, como sendo o reaproveitamento de camadas betuminosas deterioradas, aplicando-as novamente com melhores características de granulometria e ligantes;

- ✓ **Pintura de ligação com emulsão asfáltica tratada com polímero**, como sendo a aplicação de emulsão asfáltica tratada com polímero por sobre a base ou qualquer camada antes do revestimento final com o intuito de garantir uma melhor aderência entre as camadas;

✓ **Tratamento superficial duplo com asfalto polímero**, como sendo a aplicação dupla de ligante asfáltico tratado com polímero seguido pela aplicação de agregado mineral por sobre cada camada de ligante;

✓ **Microrrevestimento de pré-misturado a frio com asfalto polímero**, como sendo a aplicação de uma mistura fluida de agregado, material de enchimento (*filler*), emulsão asfáltica tratada com polímero, água e aditivos, se necessário, por sobre a superfície do pavimento. Tem o objetivo de um tratamento apenas superficial, ou seja, para melhorar as condições de rolamento do pavimento, porém não indicado quando a patologia a ser corrigida já atingiu as camadas mais profundas deste;

✓ **Concreto betuminoso usinado a quente com asfalto polímero**, como sendo uma mistura usinada de agregado, material de enchimento (*filler*), se necessário, e cimento asfáltico de petróleo tratado com polímero espalhada e comprimida a quente sobre a superfície.

2.7.3 Conservação de Emergência

É o conjunto de atividades que têm a intenção de reparar, reconstruir ou restaurar o pavimento que tenha sido seccionado ou danificado por algum evento não previsto que interrompa o tráfego (DNIT, 2005).

2.7.4 Restauração

É o conjunto de atividades que tem o objetivo de restaurar totalmente as características técnicas originais do pavimento, adaptando-o às condições de tráfego atual e prologando sua vida útil (DNIT, 2005). Após a avaliação das condições de um pavimento, tem-se dados suficientes para embasar através de qual método aquele pavimento será restaurado, com a melhor eficácia e menor custo possíveis, podendo ser necessário a reconstrução de uma ou mais camadas deste, dependendo do grau de deformabilidade dessas camadas ou sob a existência de degradação abaixo do revestimento, ou sendo necessário intervenções de cunho superficial com o intuito de impedir o agravamento de defeitos existentes ou até para correção de irregularidades longitudinais.

2.7.5 Melhoramento da rodovia

É o conjunto de atividades que acrescentam alguma característica nova ou modifica as existentes da rodovia. Consiste numa quantidade enorme de serviços que, por atendimento a demandas operacionais da rodovia, complementam ou modificam a infraestrutura da rodovia (DNIT, 2005).

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

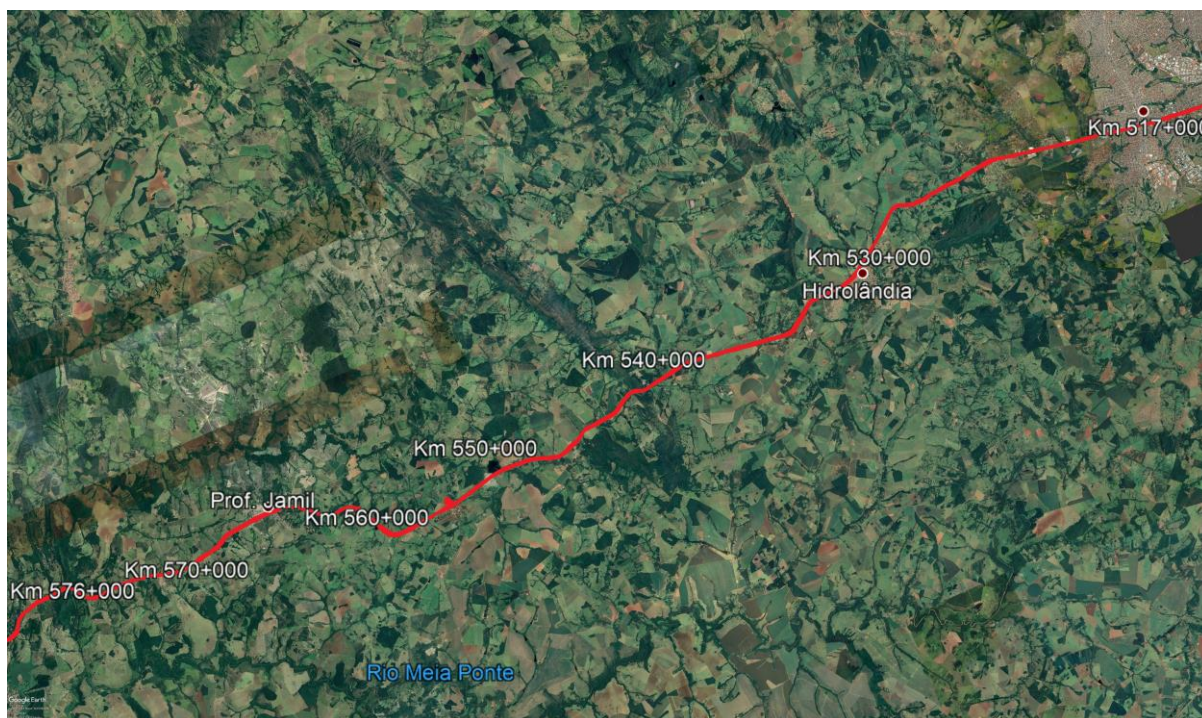
No Capítulo 3 deste trabalho é apresentada a identificação e caracterização do trecho em estudo e a sequência adotada para a coleta dos dados disponibilizados pela concessionária, visando o alcance dos objetivos firmados no Capítulo 1.

3.1 Caracterização do Trecho

A BR-153 é a quinta maior rodovia brasileira, ligando a cidade de Marabá (PA) ao município de Aceguá (RS), totalizando em 3.585 quilômetros de extensão, e é considerada uma das principais rodovias de integração nacional devido à ligação do Meio-Norte do Brasil (estados do Tocantins, Maranhão, Pará e Amapá) com a região geoeconômica Centro-Sul do país¹¹. O trecho da concessão em questão (ANEXO A) começa na cidade de Anápolis/GO, quando a rodovia apresenta coincidência de traçado com a BR-060/GO, e vai até a divisa entre os estados de Minas Gerais e São Paulo. Dentro deste está o trecho de estudo, compreendido entre o km 517+300, no município de Hidrolândia/GO, e o km 576+000, no município de Professor Jamil/GO (Figura 3.1). Tal escolha se deve a recorrentes reclamações sobre a má qualidade do pavimento pelos usuários da rodovia, o que não deveria acontecer visto o grande número de intervenções realizadas anualmente neste trecho (fato que será comprovado com a análise estatística da recorrência dos defeitos no capítulo 4 deste trabalho).

¹¹ BR-153. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/BR-153#Goi%C3%A1s>> Acesso em: 15 out 2019.

Figura 3.1: Foto de satélite do trecho em estudo



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Google Earth (2019)

3.2 Método

Os dados que foram disponibilizados para o estudo são:

✓ **Programa de Exploração da Rodovia (PER):** documento elaborado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) do Ministério de Transportes do Brasil que traz, além da definição de todos os serviços a serem realizados na administração da rodovia, as frentes de recuperação, manutenção e conservação que a concessionária deve executar no pavimento, assim como o estabelecimento dos índices e parâmetros a serem coletados e apresentados em forma de relatório anual de monitoração do pavimento, devendo a concessionária atender ao que se é exigido dentro do tempo de concessão também definido no documento.

✓ **Projetos Executivos da BR-153/GO:** documentos de definição da estrutura do pavimento existente, sendo o projeto do trecho compreendido entre o Km 514 ao Km 566 elaborado pela Contécnica e o outro compreendido entre o Km 566 ao Km 611 elaborado pela Strata Engenharia, ambos contratados e executados pelo DNIT. Nestes projetos são possíveis

a identificação do tráfego para o qual o pavimento foi projetado, assim como as espessuras das camadas e os materiais utilizados resultantes do dimensionamento.

✓ **Relatório Inicial de Cadastro da Rodovia – Estrutura do Pavimento Existente:** documento exigido pelo PER, elaborado pela Planos Engenharia sob contratação da concessionária, que traz informações referentes à estrutura do pavimento existente. Para o levantamento destas, foram executadas pela empresa janelas de inspeção no pavimento, com espaçamento de aproximadamente 10 Km entre si, de onde foram retiradas informações como as espessuras das camadas existentes, os materiais que compõem essas camadas, a existência de água na estrutura do pavimento, além da coleta de amostras para análise em laboratório, obtendo o Índice de Suporte Califórnia (CBR) do subleito;

✓ **Relatórios de Monitoração do Pavimento:** documento elaborado anualmente exigido pelo PER que traz os dados de avaliação das condições do pavimento de acordo com o exposto no item 2.6 deste trabalho. Os relatórios disponíveis, elaborados pela concessionária, são referentes aos períodos de: 2015, sendo os dados de avaliação estrutural levantados pela Strata e os dados de avaliação das demais condições do pavimento levantados pela Engefoto; 2016, 2017 e primeiro semestre de 2018, sendo os dados de avaliação das condições do pavimento levantados pelo Centro Tecnológico de Infraestrutura Viária (CTVIAS); e do segundo semestre de 2018, sendo os dados levantados pela Pavesys Engenharia;

✓ **Relatórios Técnico, Operacional, Físico e Financeiro (RETOF):** documento elaborado mensalmente exigido pelo PER que traz os dados referentes ao Planejamento Anual, à Programação Mensal, à Execução Mensal de Obras e Serviços (referentes a todas as intervenções realizadas na rodovia), ao Planejamento de Obras de Ampliação de Capacidade e Melhorias das Rodovias, ao Planejamento da Implantação e Gestão de Fibras Ópticas, além de outros relatórios complementares das intervenções realizadas nos limites da rodovia.

Em primeiro lugar, foi feito um levantamento de todas as intervenções realizadas no pavimento do trecho de estudo através dos relatórios técnico, operacional, físico e financeiro disponíveis. Os RETOF's disponibilizados foram de Setembro de 2014 a Fevereiro de 2019, realizando-se a análise com dados deste intervalo de tempo.

Sendo assim, identificou-se quatro tipos de serviços realizados no pavimento. Dois desses foram de Conservação Preventiva Periódica e dois foram de Conservação Corretiva Rotineira, sendo estes, respectivamente, os serviços de: Fresagem, Microrrevestimento de pré-

misturado a frio com asfalto polímero, Remendo Profundo e Tapa Buraco. Na Figura 3.2 é possível visualizar a etapa de retirada da capa asfáltica do pavimento antigo em um serviço de fresagem realizado no trecho de estudo.

Figura 3.2: Retirada da capa asfáltica antiga no serviço de fresagem



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Na Figura 3.3 é possível visualizar a etapa de recapeamento finalizada em um serviço de fresagem realizado no trecho de estudo.

Figura 3.3: Recapeamento finalizado no serviço de fresagem



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Na Figura 3.4 é possível visualizar um serviço de microrrevestimento finalizado no trecho de estudo.

Figura 3.4: Serviço de microrrevestimento finalizado



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Na Figura 3.5 é possível visualizar um serviço de tapa buraco finalizado no trecho de estudo.

Figura 3.5: Serviço de tapa buraco finalizado



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Posteriormente foram levantadas as recorrências destas intervenções na BR-153 no Estado de Goiás, demonstrando visualmente em gráficos a frequência destas no trecho total e no trecho de estudo. Além disso, foi levantado o quantitativo (m^2 ou m^3) dos serviços, dentro e fora do trecho de estudo, complementando as afirmações inferidas a partir da análise visual dos gráficos e tendo o intuito de confirmar a classificação deste trecho como crítico.

Após o levantamento da recorrência das intervenções, selecionou-se um trecho menor dentro do trecho de estudo, de 1 quilômetro de extensão, onde cada uma destas foi mais frequente. Para isso, utilizou-se duas frentes de análise: uma considerando o número de intervenções realizadas por faixa de quilômetro e outra considerando o quantitativo de serviços realizados, em m^3 ou em m^2 , também por faixa de quilômetro. Adicionalmente destacou-se 3 trechos mais problemáticos para cada frente para só então escolher o pior deles, ou seja, o que mais recebeu intervenções.

Definido o trecho mais crítico, foram analisados os dados da estrutura do pavimento deste definidos pelos projetos de execução contratados pelo DNIT, obtendo as características esperadas para cada camada existente. Depois foram comparados os dados obtidos com o cadastro inicial da estrutura do pavimento, avaliando o cumprimento das características firmadas em projeto, assim como as alterações, se existentes, do que foi efetivamente executado.

Com os dados disponíveis, promoveu-se a identificação dos parâmetros exigidos pelo PER para os serviços de manutenção, recuperação e conservação do pavimento, assim como os parâmetros exigidos das condições do mesmo.

Por fim, foi feito uma análise dos dados de monitoração das condições do pavimento, comparando-os com o que é exigido pelo PER, com o intuito de verificar a efetividade das intervenções realizadas.

CAPÍTULO 4

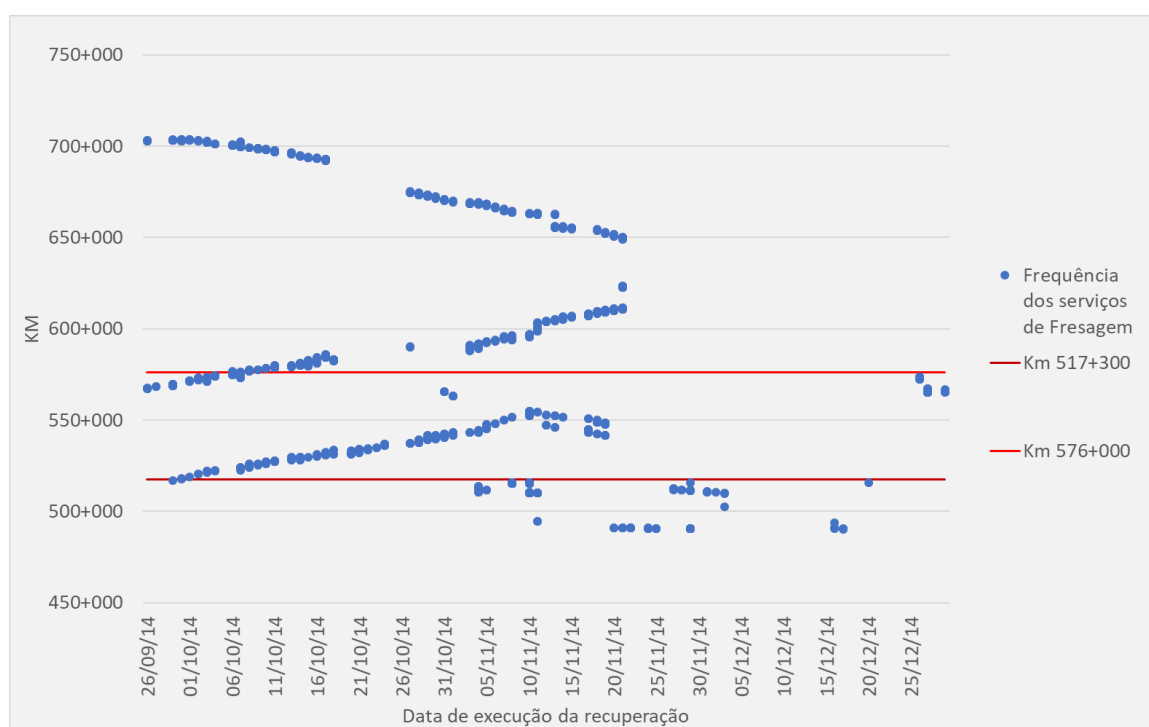
RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Capítulo 4 deste trabalho são apresentados os resultados, as análises e as discussões dos dados levantados.

4.1 Serviços de Fresagem na BR-153 no Estado de Goiás

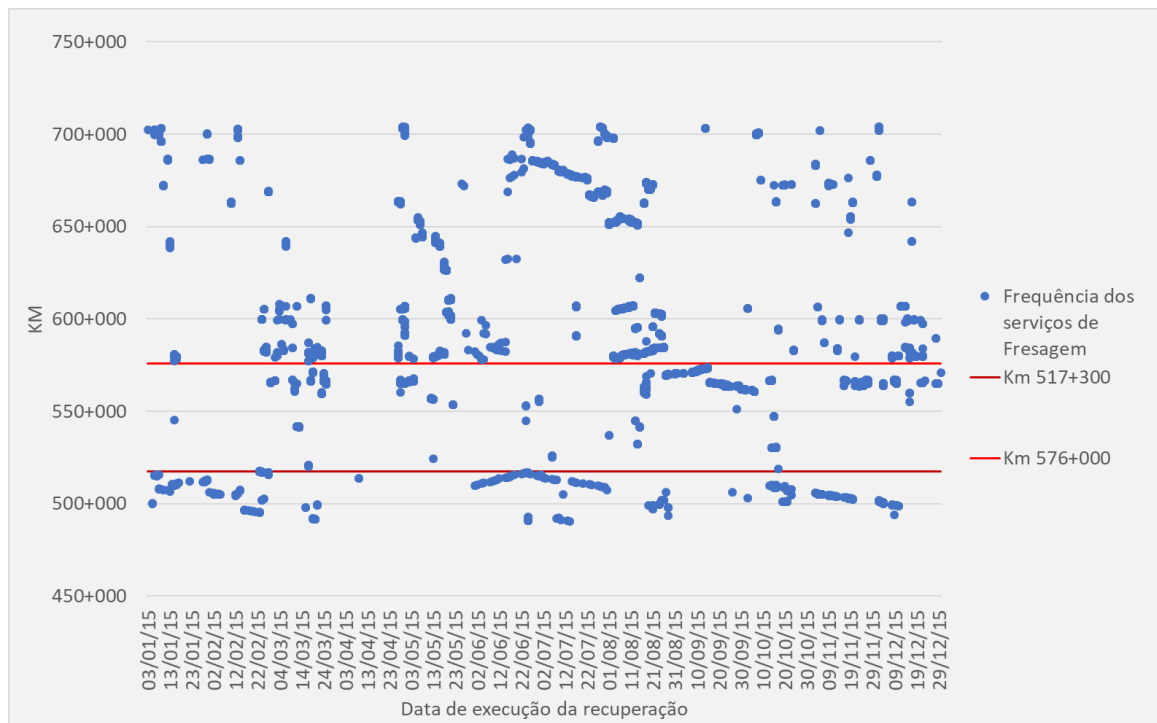
De posse de informações explicitadas nos relatórios citados, foi possível identificar que desde o início da concessão este tipo de serviço foi o mais utilizado como conservação preventiva periódica do pavimento. Nos gráficos de dispersão 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 são apresentadas todas as ocorrências de fresagem na BR-153 no estado de Goiás nos anos de 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019, respectivamente. Além disso foram introduzidas aos gráficos duas linhas limites que representam os quilômetros 517+300 e 576+000, com o intuito de identificar visualmente a frequência dessa intervenção dentro do trecho de estudo.

Gráfico 4.1: Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2014



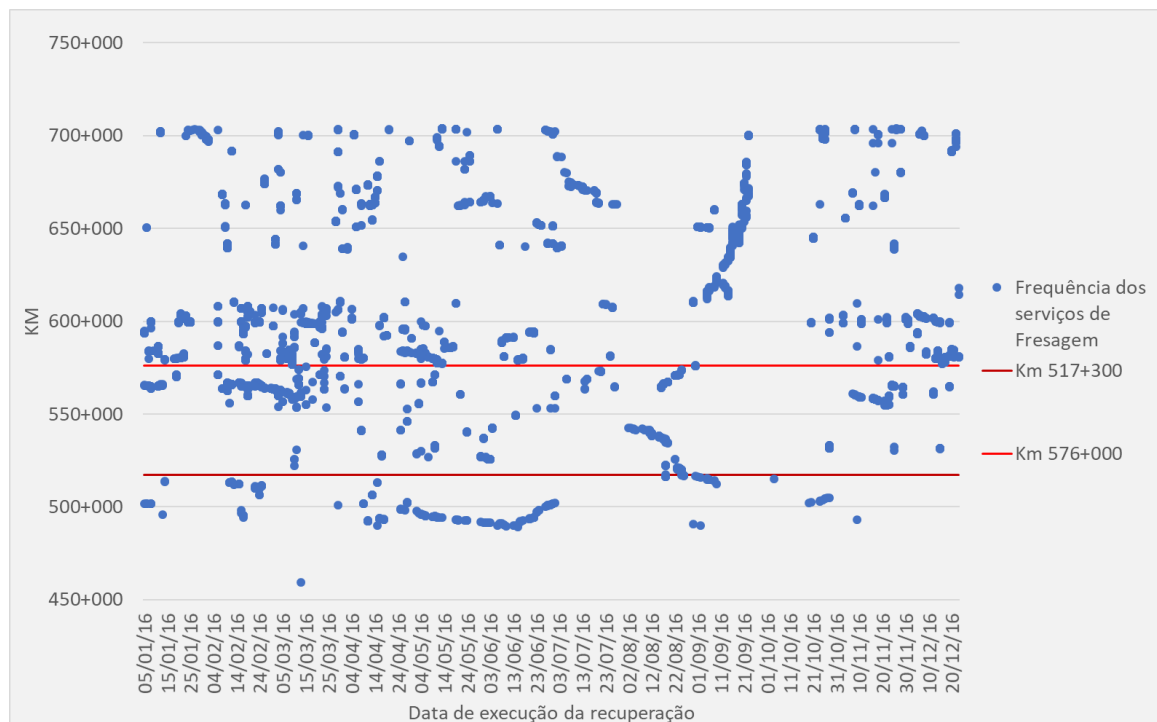
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.2: Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2015



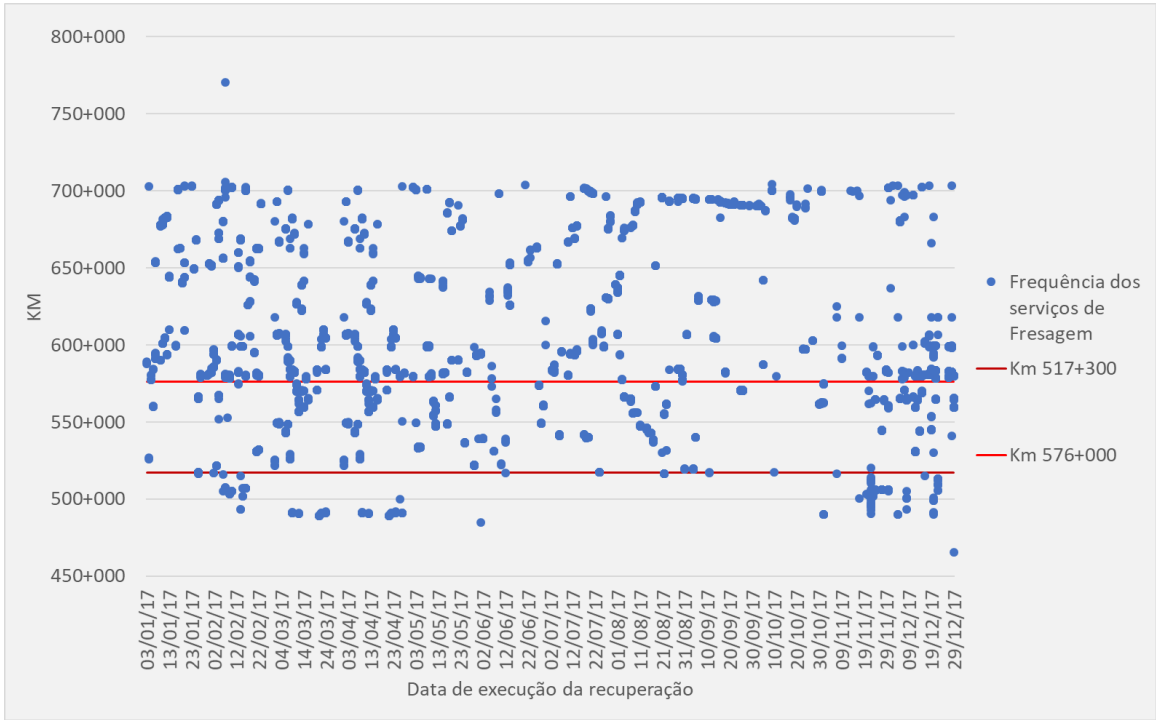
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.3: Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2016



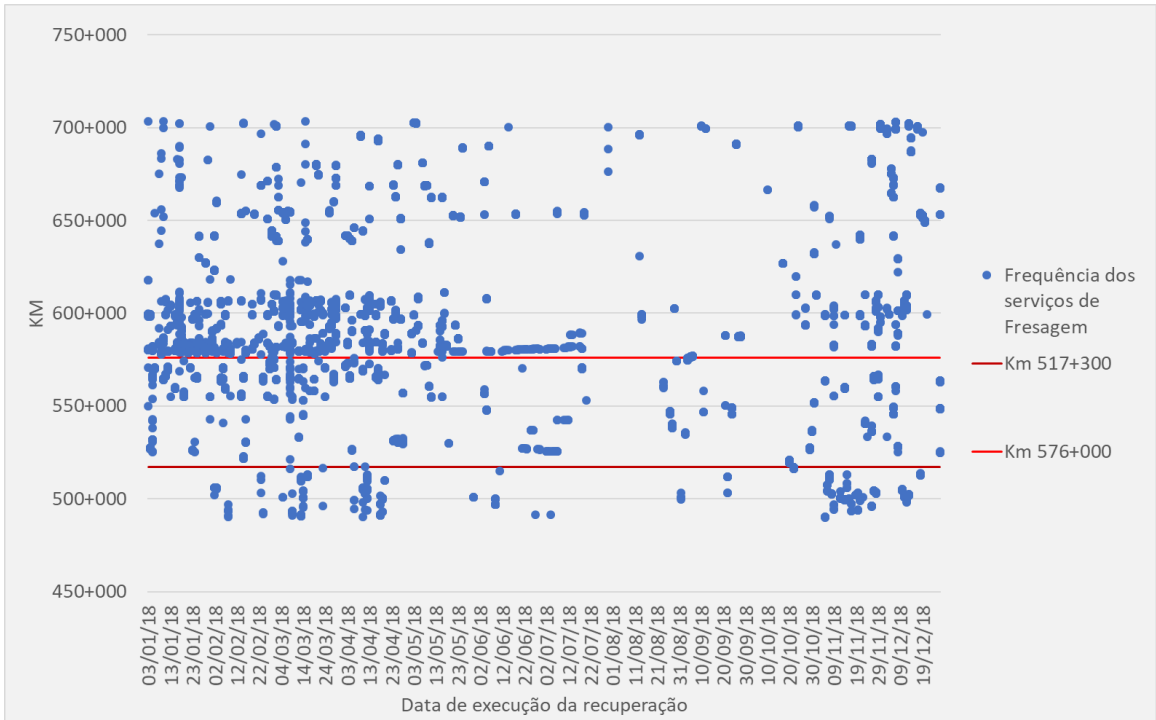
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.4: Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2017



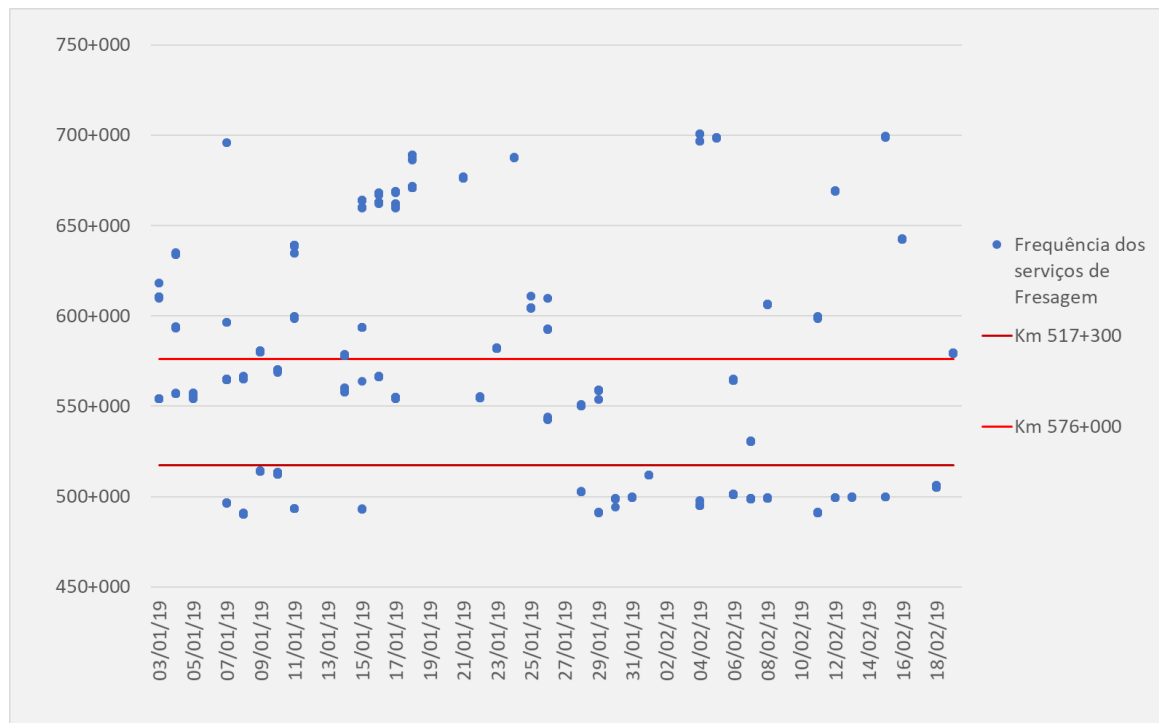
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.5: Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2018



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.6: Serviços de Fresagem realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2019



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Nos Quadros 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 estão apresentadas, respectivamente, a quantidade de fresagem em m³ realizada desde o início da concessão no trecho total da BR-153 no Estado de Goiás, a quantidade realizada no trecho de estudo, a relação percentual dos serviços de fresagem que ocorreram dentro do trecho de estudo quando comparadas ao total da BR-153 no Estado de Goiás e a relação percentual do trecho de estudo em relação ao trecho total da BR-153 no Estado de Goiás.

Quadro 4.1: Volume de fresagem realizada na BR-153 desde o início da concessão

BR-153/GO TRECHO TOTAL						
FRESAGEM						
Mês	Volume (m³)					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	0,00	1.467,35	1.047,70	404,34	512,21	503,03
Fevereiro	0,00	734,46	945,01	503,43	480,31	223,16
Março	0,00	378,71	1.152,30	773,73	521,65	0,00
Abril	0,00	295,71	844,43	846,31	530,52	0,00
Maio	0,00	864,21	1.907,55	418,49	383,06	0,00
Junho	0,00	5.541,53	1.595,94	222,18	309,05	0,00
Julho	0,00	3.381,67	1.111,59	326,74	239,90	0,00
Agosto	0,00	1.436,79	1.400,93	395,25	86,89	0,00
Setembro	1.670,12	808,73	1.399,17	319,36	163,90	0,00
Outubro	15.731,12	685,17	438,90	184,54	113,98	0,00
Novembro	11.958,59	1.044,45	1.084,63	209,33	407,59	0,00
Dezembro	625,59	656,08	695,42	441,25	373,90	0,00
TOTAL	29.985,42	17.294,87	13.623,58	5.044,93	4.122,97	726,19

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.2: Volume de fresagem realizada no trecho de estudo da BR-153 desde o início da concessão

BR-153/GO TRECHO DE ESTUDO						
FRESAGEM						
Mês	Volume (m³)					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	0,00	0,48	249,07	38,88	133,62	162,22
Fevereiro	0,00	14,66	481,49	52,18	118,18	24,57
Março	0,00	108,01	546,80	109,66	93,74	0,00
Abril	0,00	23,21	31,08	121,82	161,63	0,00
Maio	0,00	162,78	67,49	140,89	55,42	0,00
Junho	0,00	14,27	39,20	93,18	68,42	0,00
Julho	0,00	5,14	40,52	50,31	54,35	0,00
Agosto	0,00	157,88	1.136,82	175,57	49,66	0,00
Setembro	1.002,07	799,52	0,00	53,74	55,14	0,00
Outubro	8.410,46	44,20	6,01	35,94	14,68	0,00
Novembro	4.940,99	59,02	804,86	64,45	9,13	0,00
Dezembro	123,64	60,29	38,97	113,67	22,80	0,00
TOTAL	14.477,16	1.449,46	3.442,30	1.050,28	836,77	186,79

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.3: Relação percentual entre a quantidade de fresagem realizada no trecho de estudo da BR-153 e a quantidade realizada no trecho total da rodovia no Estado de Goiás

FRESAGEM	
Mês	Porcentagem
2014	48,28%
2015	8,38%
2016	25,27%
2017	20,82%
2018	20,30%
2019	25,72%
TOTAL	30,29%

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.4: Relação percentual entre o trecho de estudo da BR-153 e o trecho total desta no Estado de Goiás

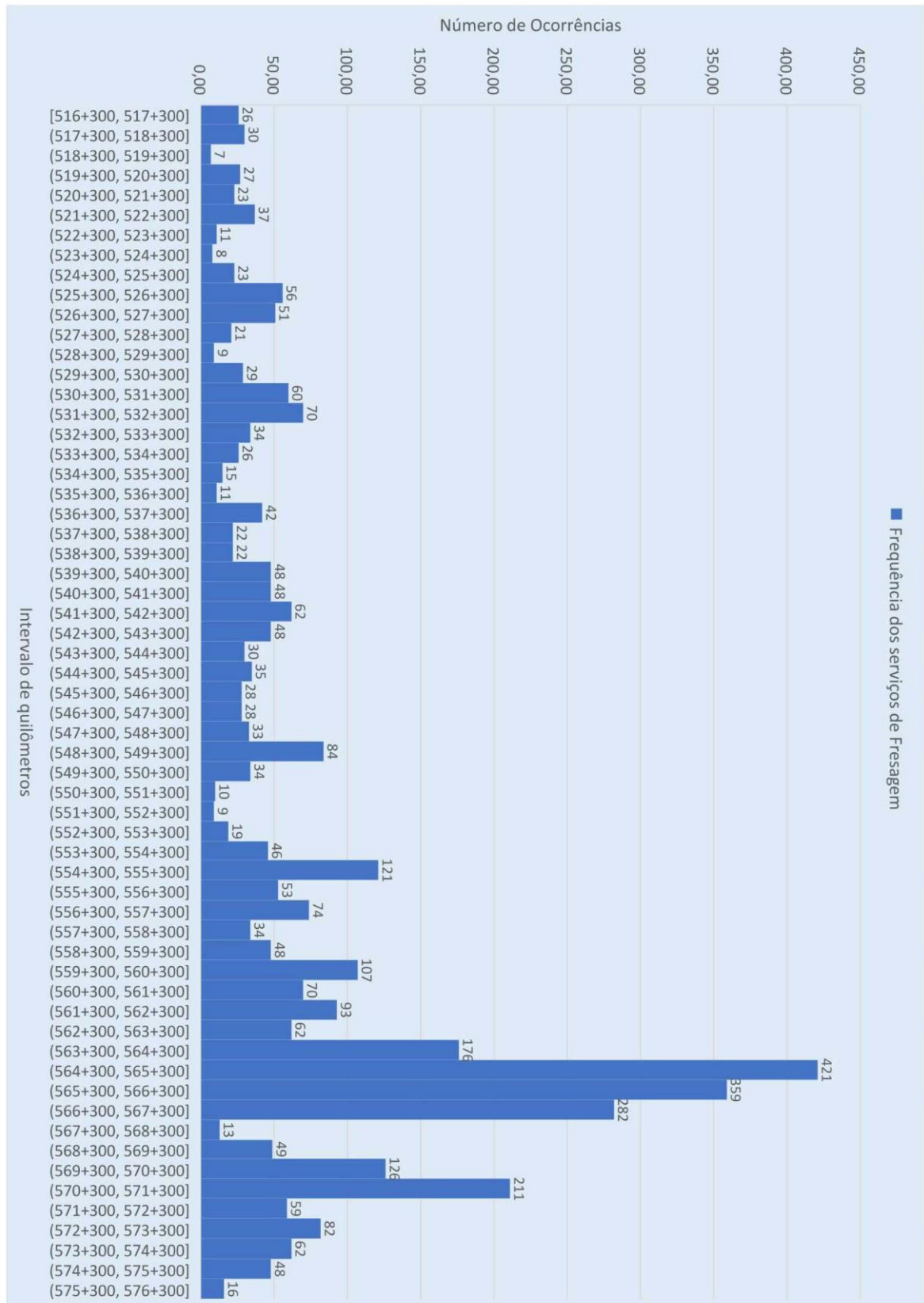
BR-153/GO			
Trecho	Km Inicial	Km Final	Extensão (Km)
Total	490+000	703+450	213,45
Estudo	517+300	576+000	58,70
Porcentagem			27,50%

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

O que pode ser visto nos gráficos é que o trecho de estudo não é o que mais recebeu intervenções de fresagem, porém é um trecho em que este tipo de serviço tem uma frequência alta. Esta afirmação é fortalecida através da análise dos quadros 4.3 e 4.4, pois, dos serviços de fresagem realizados desde o início da concessão, 30,29% destes foram no trecho de estudo e são proporcionalmente superiores aos 27,50% que o trecho representa para a rodovia no Estado de Goiás.

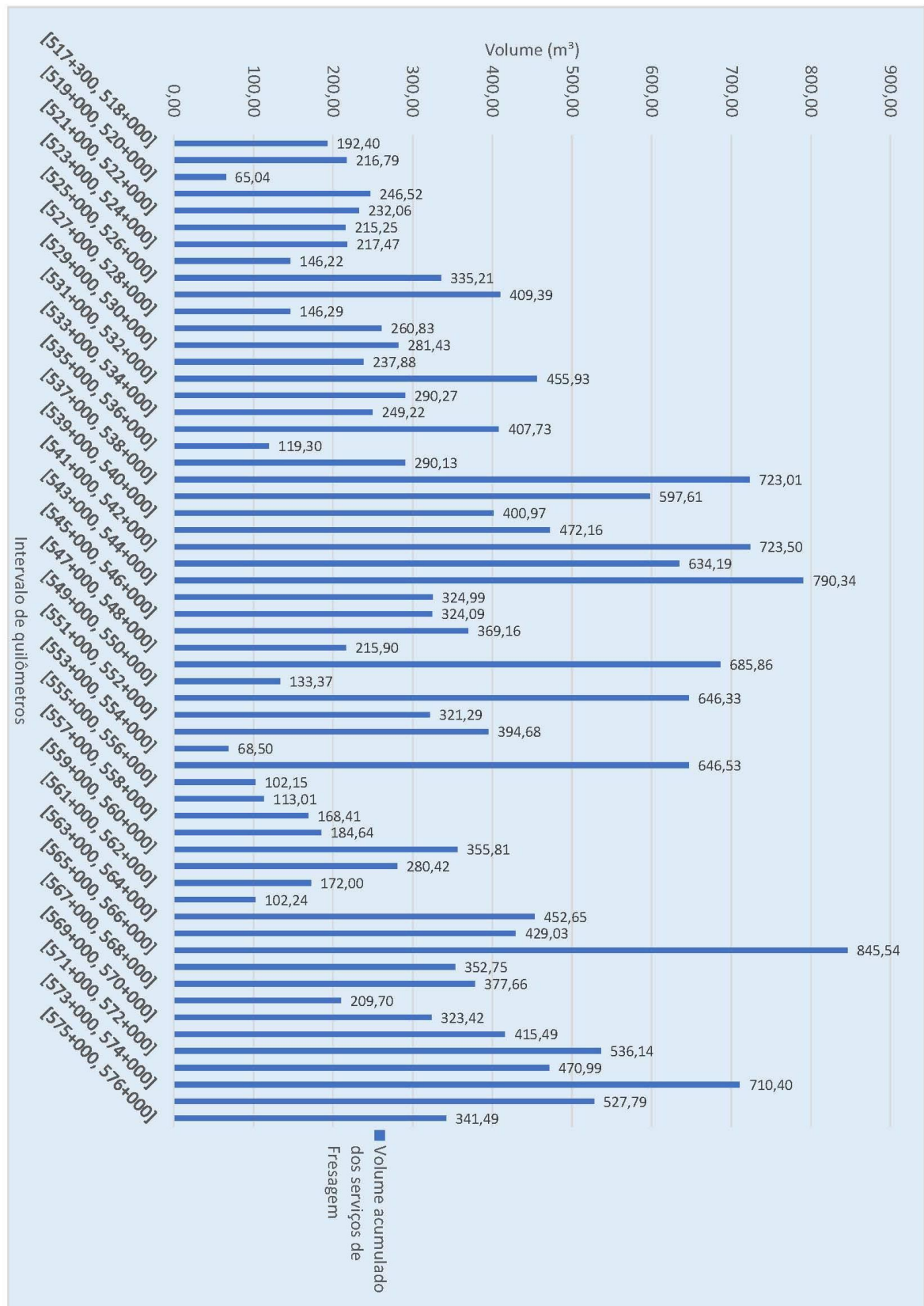
No Gráfico 4.7 está evidenciado a frequência dos serviços de fresagem dentro do trecho de estudo desde o início da concessão e, no Gráfico 4.8, o volume acumulado de serviços de fresagem.

Gráfico 4.7: Frequência dos serviços de fresagem no trecho de estudo desde o início da concessão



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.8: Volume acumulado de fresagem no trecho de estudo desde o início da concessão



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Como pode ser visto nos gráficos anteriores, os trechos mais críticos por número de ocorrências são:

- ✓ 564+300 ao 565+300: 421 ocorrências;
- ✓ 565+300 ao 566+300: 359 ocorrências;
- ✓ 566+300 ao 567+300: 282 ocorrências.

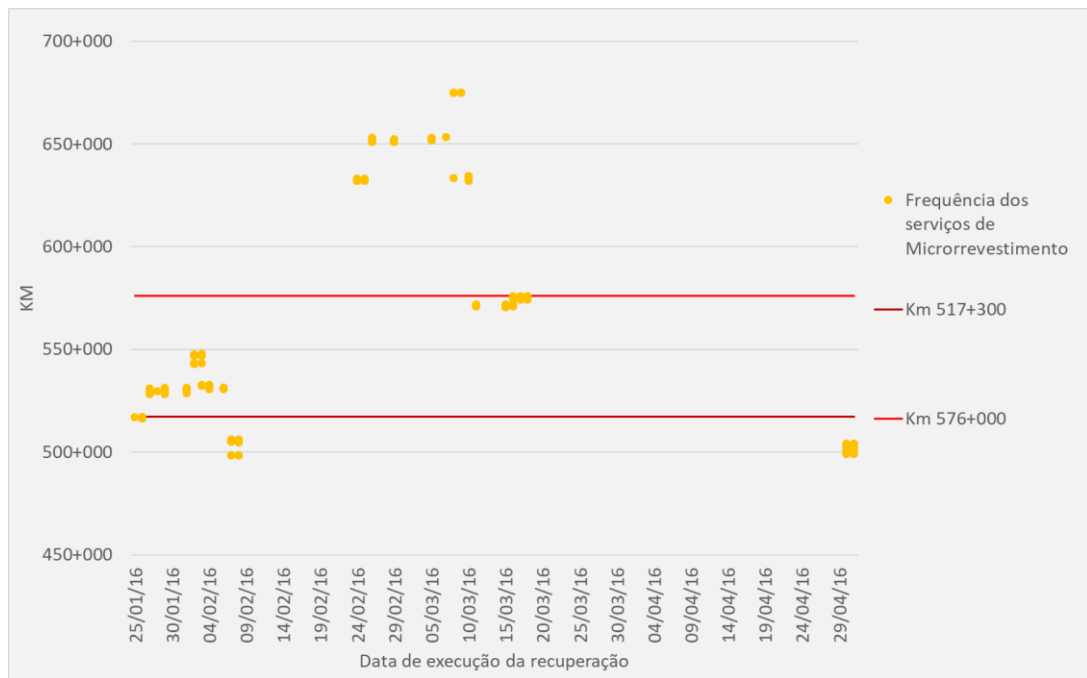
Adicionalmente, os trechos mais críticos por volume de serviço são:

- ✓ 565+000 ao 566+000: 845,54 m³;
- ✓ 543+000 ao 544+000: 790,34 m³;
- ✓ 541+000 ao 542+000: 723,50 m³.

4.2 Serviços de Microrrevestimento na BR-153 no Estado de Goiás

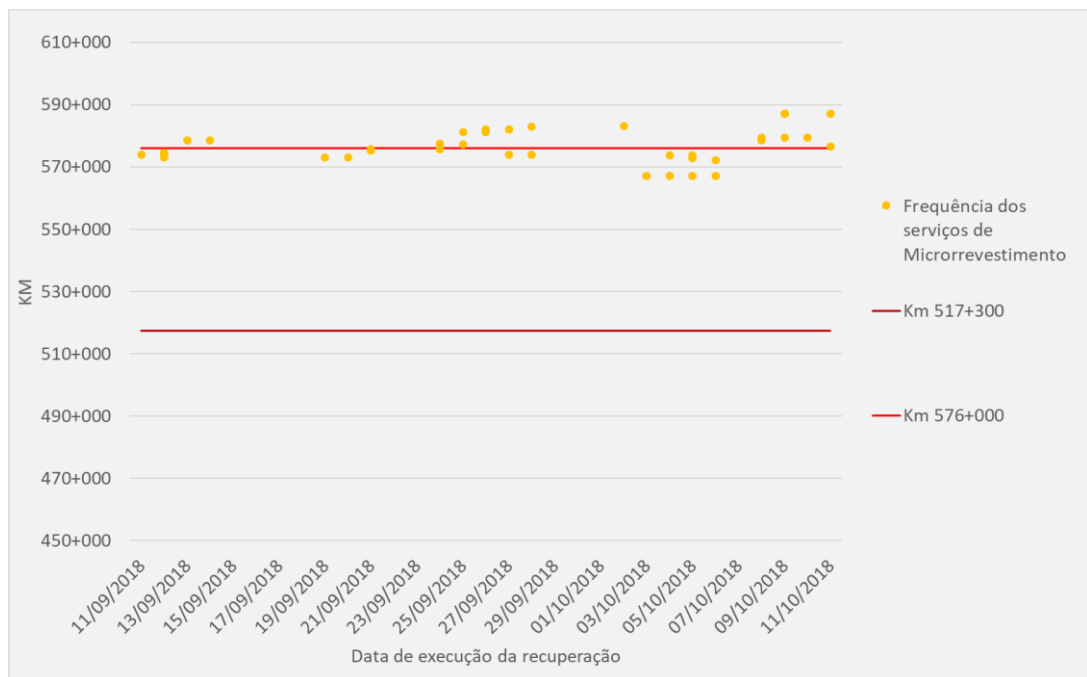
Ao analisar os documentos mencionados, foi possível verificar que este tipo de serviço foi utilizado no trecho da BR-153 apenas nos anos de 2016 e 2018, devido à sua característica de manutenção superficial do pavimento, ou seja, apenas utilizado para suavizar as imperfeições da superfície e atrasar o desenvolvimento de defeitos. Nos gráficos de dispersão 4.9 e 4.10 são apresentadas todas as ocorrências de microrrevestimento na BR-153 no Estado de Goiás nos anos de 2016 e 2018, respectivamente. Além disso foram introduzidas aos gráficos duas linhas limites que representam os quilômetros 517+300 e 576+000, com o intuito de identificar visualmente a frequência dessa intervenção dentro do trecho de estudo.

Gráfico 4.9: Serviços de Microrrevestimento realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2016



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.10: Serviços de Microrrevestimento realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2018



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Nos Quadros 4.5, 4.6 e 4.7 estão apresentadas, respectivamente, a quantidade de microrrevestimento em m² realizado desde o início da concessão no trecho total da BR-153 no Estado de Goiás, a quantidade realizada no trecho de estudo e a relação percentual dos serviços de microrrevestimento que ocorreram dentro do trecho de estudo quando comparados ao total da BR-153 no Estado de Goiás.

Quadro 4.5: Área de microrrevestimento realizado na BR-153 desde o início da concessão

BR-153/GO TRECHO TOTAL		
MICRORREVESTIMENTO		
Mês	Área (m²)	
	2016	2018
Janeiro	42.834,50	0,00
Fevereiro	159.463,50	0,00
Março	98.010,00	0,00
Abril	38.880,00	0,00
Maio	38.880,00	0,00
Junho	0,00	0,00
Julho	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00
Setembro	0,00	190.817,00
Outubro	0,00	189.790,50
TOTAL	378.068,00	380.607,50

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.6: Área de microrrevestimento realizado no trecho de estudo da BR-153 desde o início da concessão

BR-153/GO TRECHO DE ESTUDO		
MICRORREVESTIMENTO		
Mês	Área (m²)	
	2016	2018
Janeiro	34.194,50	0,00
Fevereiro	58.357,50	0,00
Março	61.200,00	0,00
Abril	0,00	0,00
Maio	0,00	0,00
Junho	0,00	0,00
Julho	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00
Setembro	0,00	72.562,00
Outubro	0,00	96.514,50
TOTAL	153.752,00	169.076,50

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.7: Relação percentual entre a quantidade de microrrevestimento realizado no trecho de estudo da BR-153 e a quantidade realizada no trecho total da rodovia no Estado de Goiás

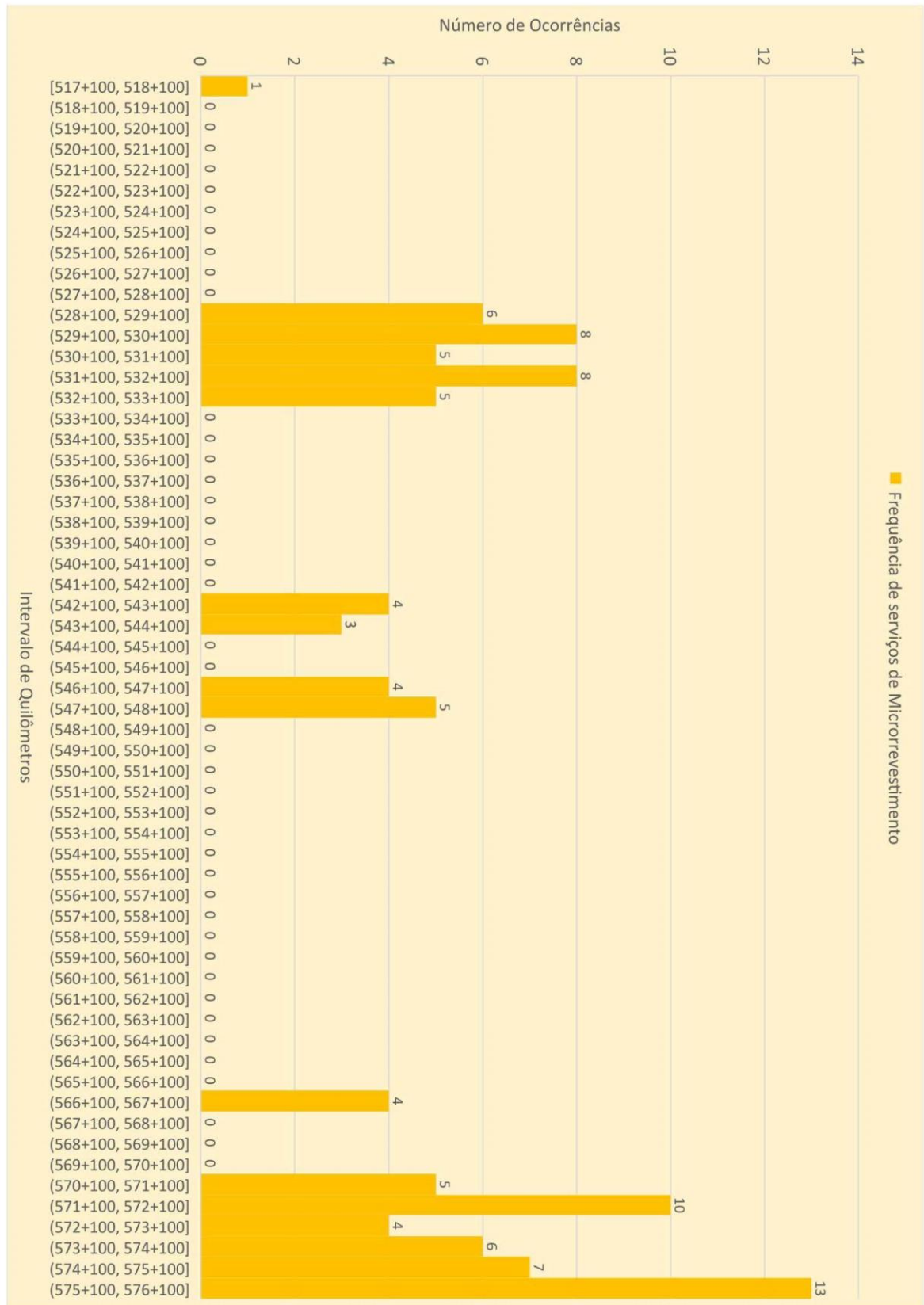
MICRORREVESTIMENTO	
Mês	Porcentagem
2016	40,67%
2018	44,42%
TOTAL	42,55%

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

O que pode ser visto nos gráficos é que o trecho de estudo é um trecho em que este tipo de serviço teve uma frequência alta nos anos em que foi executado. Esta afirmação é fortalecida através da análise dos quadros 4.7 e 4.4, pois, dos serviços de microrrevestimento realizados desde o início da concessão, 42,55% destes foram no trecho de estudo e são proporcionalmente superiores aos 27,50% que o trecho representa para a rodovia no Estado de Goiás.

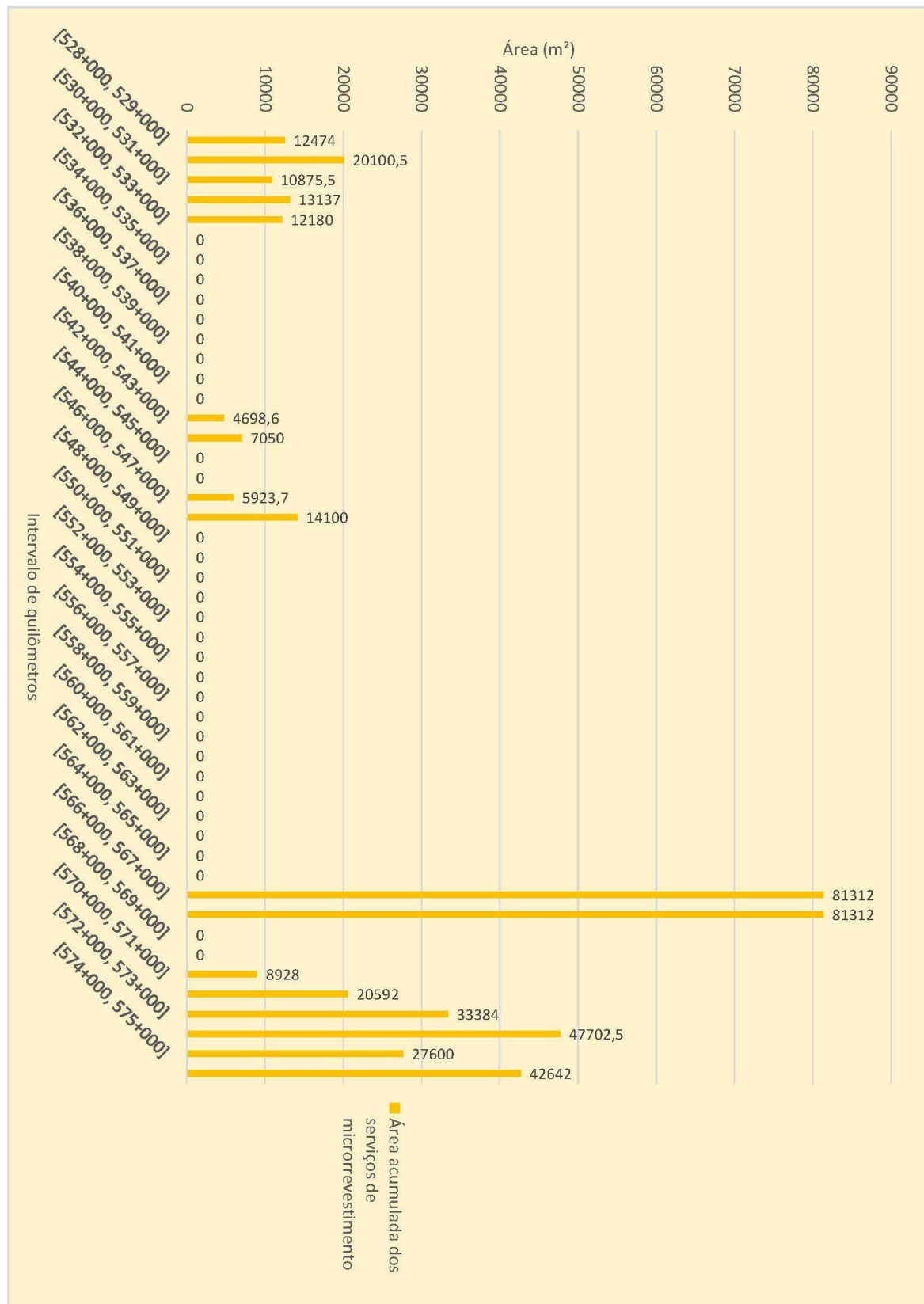
No Gráfico 4.11 é evidenciado a frequência dos serviços de microrrevestimento dentro do trecho de estudo desde o início da concessão e, no Gráfico 4.12, a área acumulada de serviços de microrrevestimento dentro do trecho de estudo desde o início da concessão.

Gráfico 4.11: Frequência dos serviços de microrrevestimento no trecho de estudo desde o início da concessão



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.12: Área acumulada de microrrevestimento no trecho de estudo desde o início da concessão



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Como pode ser visto nos gráficos anteriores, os trechos mais críticos por número de ocorrências são:

- ✓ 529+100 ao 530+100: 8 ocorrências;
- ✓ 531+100 ao 532+100: 8 ocorrências;
- ✓ 565+000 ao 566+000: 0 ocorrências;
- ✓ 571+100 ao 572+100: 10 ocorrências;
- ✓ 575+100 ao 576+100: 13 ocorrências.

Neste caso ocorreu um empate de ocorrências entre trechos, além disso foi adicionado o trecho entre o Km 565+000 e o Km 566+000 devido ao fato deste se mostrar o mais crítico posteriormente, apesar de não ter recebido serviços de microrrevestimento.

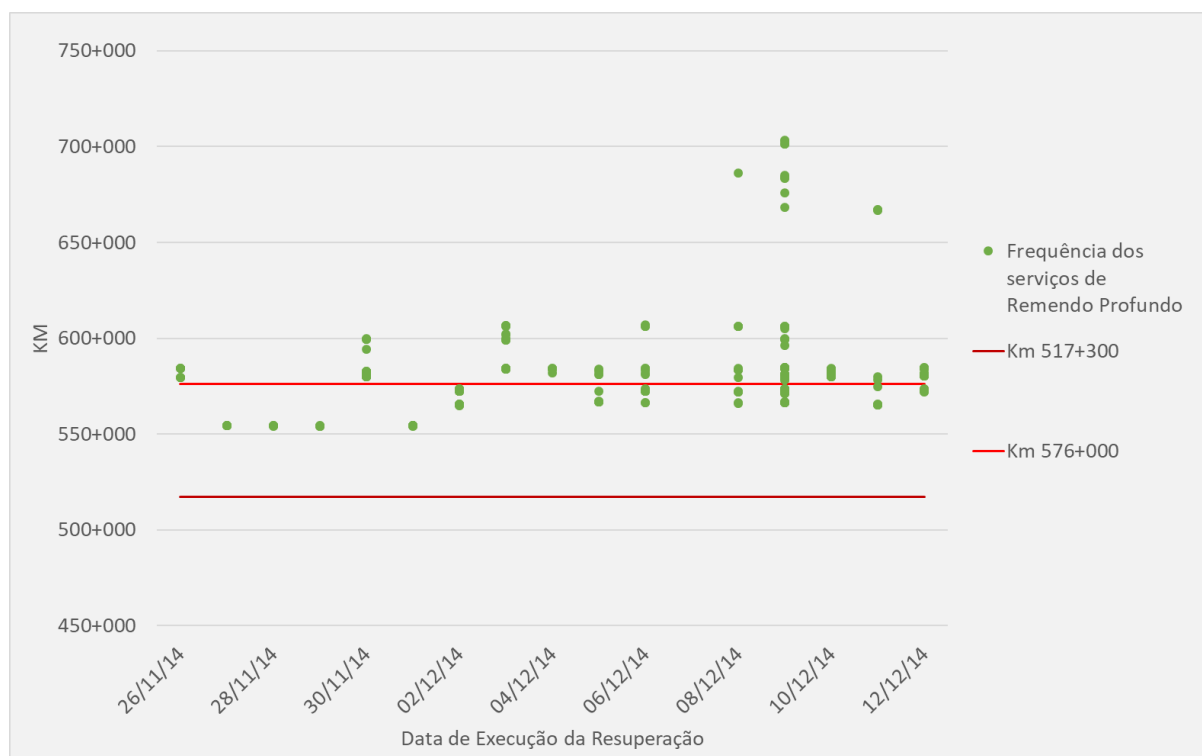
Adicionalmente, os trechos mais críticos por área acumulada são:

- ✓ 566+000 ao 567+000: 81.312,00 m²;
- ✓ 567+000 ao 568+000: 81.312,00 m²;
- ✓ 573+000 ao 574+000: 47.702,50 m².

4.3 Serviços de Remendo Profundo na BR-153 no Estado de Goiás

Este tipo de serviço foi utilizado no trecho da BR-153 apenas em 2014 devido à sua característica de conservação corretiva dispendiosa, ou seja, os gastos referentes a este serviço são mais elevados do que os gastos referentes à maioria das conservações preventivas, ou até do serviço de tapa buraco, devido à renovação das camadas do pavimento, desde a base até o revestimento. No gráfico de dispersão 4.13 são apresentadas todas as ocorrências de remendo profundo na BR-153 no Estado de Goiás no ano de 2014. Além disso foram introduzidas ao gráfico duas linhas limites que representam os quilômetros 517+300 e 576+000, com o intuito de identificar visualmente a frequência dessa intervenção dentro do trecho de estudo.

Gráfico 4.13: Serviços de Remendo Profundo realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2014



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Nos Quadros 4.8, 4.9 e 4.10 estão apresentadas, respectivamente, a quantidade de remendo profundo em m³ realizado desde o início da concessão no trecho total da BR-153 no Estado de Goiás, a quantidade realizada no trecho de estudo e a relação percentual dos serviços de remendo profundo que ocorreram dentro do trecho de estudo quando comparados ao total da BR-153 no Estado de Goiás.

Quadro 4.8: Volume de remendo profundo realizado na BR-153 desde o início da concessão

BR-153/GO TRECHO TOTAL	
REMENDO PROFUNDO	
Mês	Volume (m ³)
	2014
Novembro	32,20
Dezembro	77,38
TOTAL	109,58

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.9: Volume de remendo profundo realizado no trecho de estudo da BR-153 desde o início da concessão

BR-153/GO TRECHO DE ESTUDO	
REMENDO PROFUNDO	
Mês	Volume (m³)
	2014
Novembro	26,74
Dezembro	21,79
TOTAL	48,53

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.10: Relação percentual entre a quantidade de remendo profundo realizado no trecho de estudo da BR-153 e a quantidade realizada no trecho total da rodovia no Estado de Goiás

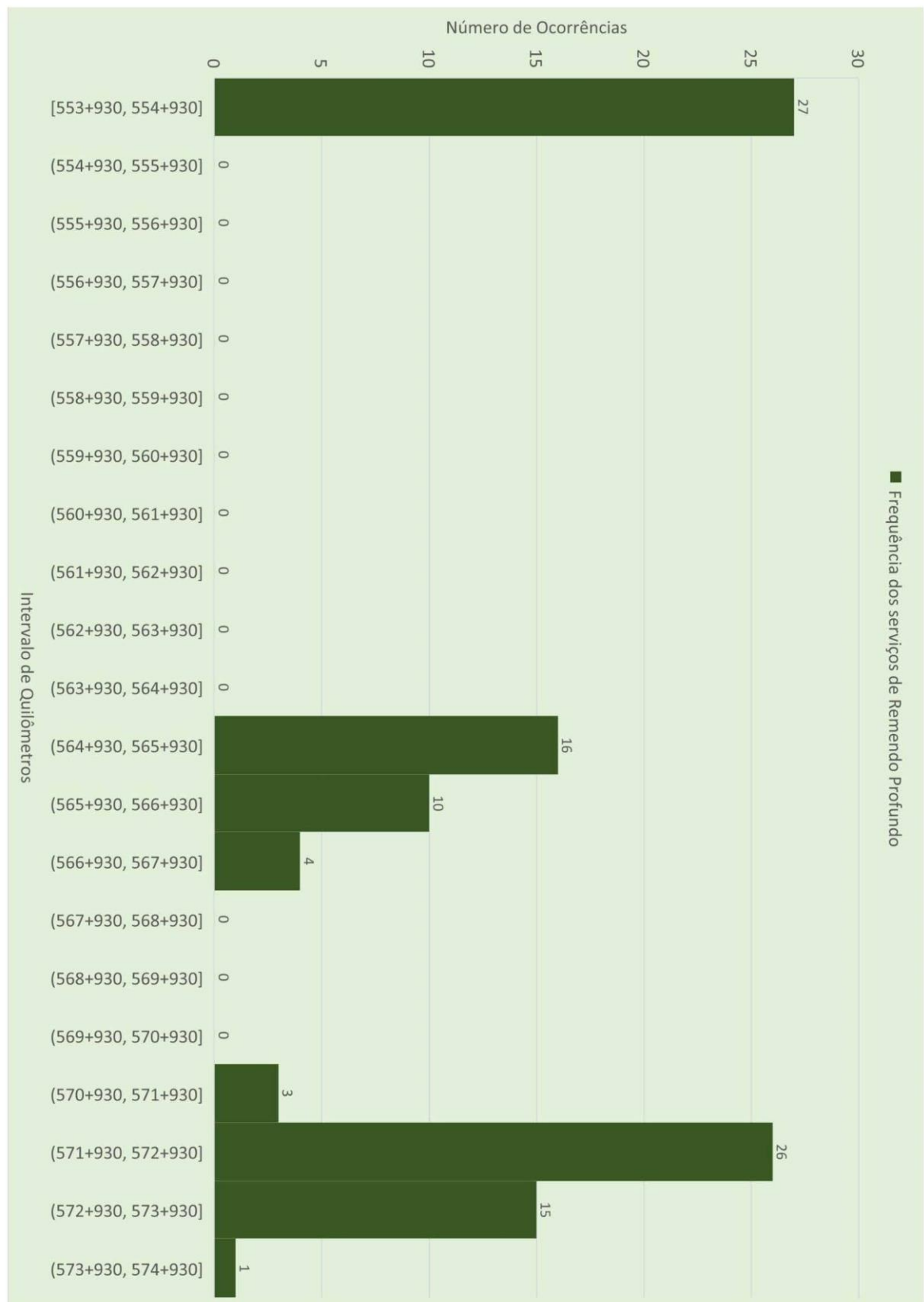
REMENDO PROFUNDO	
Mês	Porcentagem
2014	44,28%
TOTAL	44,28%

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

O que pode ser visto no gráfico é que o trecho de estudo é um trecho em que este tipo de serviço teve uma frequência alta no ano em que foi executado. Esta afirmação é fortalecida através da análise dos Quadros 4.10 e 4.4, pois, dos serviços de remendo profundo realizados desde o início da concessão, 44,28% destes foram no trecho de estudo e são proporcionalmente superiores aos 27,50% que o trecho representa para a rodovia no Estado de Goiás.

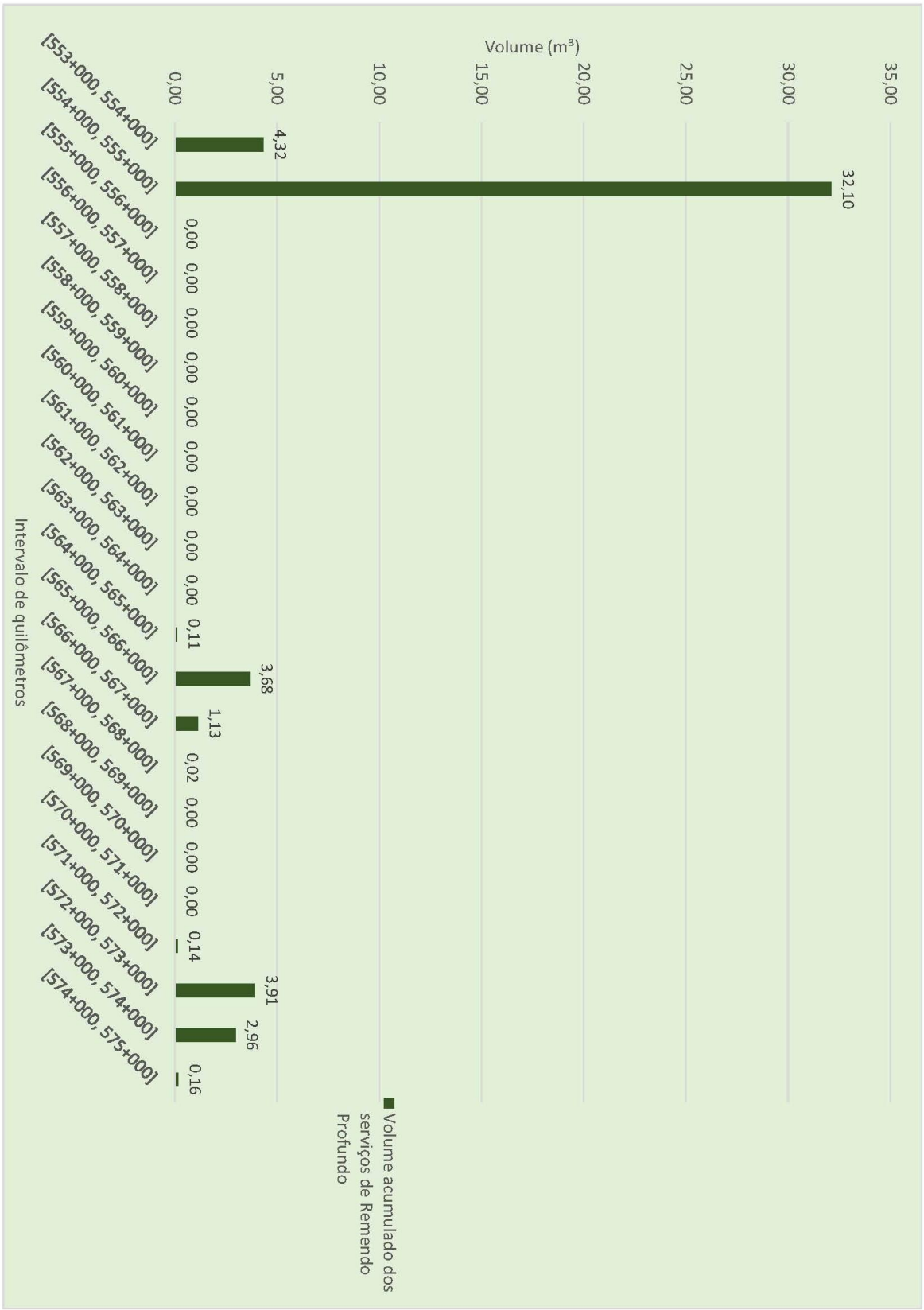
No Gráfico 4.14 é evidenciado a frequência dos serviços de remendo profundo dentro do trecho de estudo desde o início da concessão e, no Gráfico 4.15, o volume acumulado de serviços de remendo profundo dentro do trecho de estudo desde o início da concessão.

Gráfico 4.14: Frequência dos serviços de remendo profundo no trecho de estudo desde o início da concessão



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.15: Volume acumulado de remendo profundo no trecho de estudo desde o início da concessão



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Como pode ser visto nos gráficos anteriores, os trechos mais críticos por número de ocorrências são:

- ✓ 553+930 ao 554+930: 27 ocorrências;
- ✓ 564+920 ao 565+930: 16 ocorrências;
- ✓ 571+930 ao 572+930: 26 ocorrências.

Adicionalmente, os trechos mais críticos por volume de serviço são:

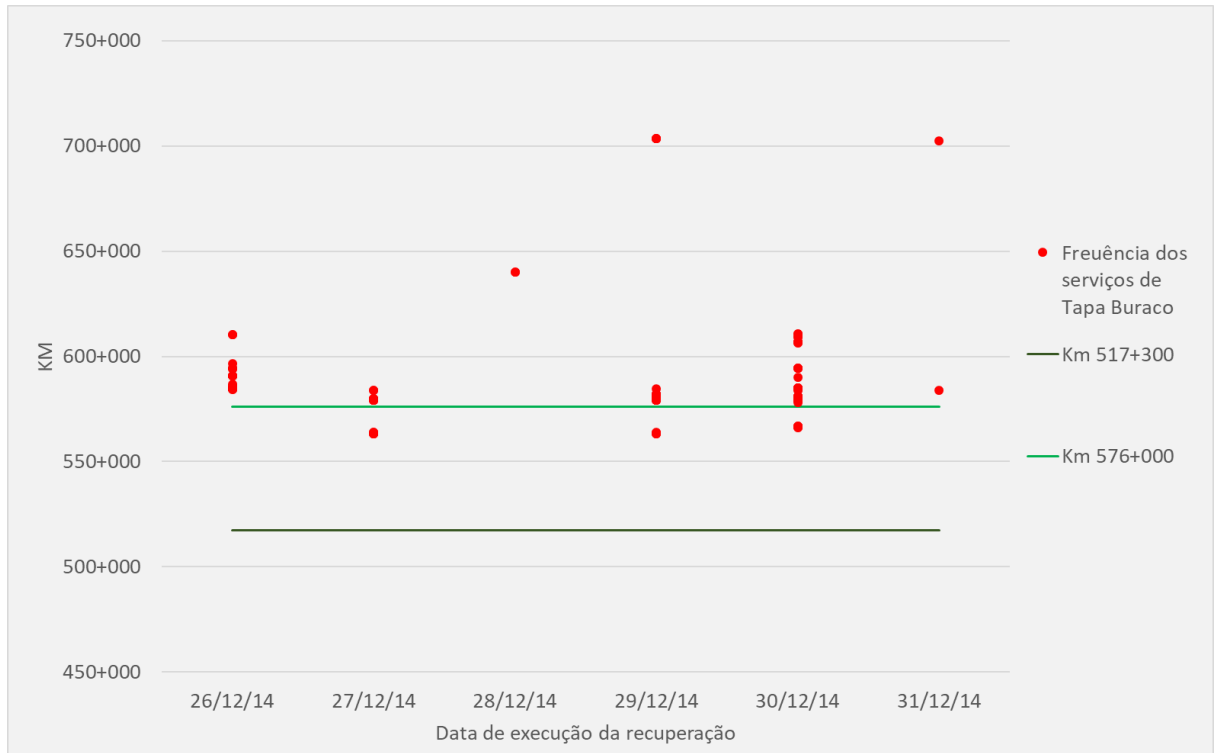
- ✓ 554+000 ao 555+000: 32,10 m³;
- ✓ 553+000 ao 554+000: 4,32 m³;
- ✓ 572+000 ao 573+000: 3,91 m³;
- ✓ 565+000 ao 566+000: 3,68 m³.

Neste caso foi adicionado o trecho entre o Km 565+000 a o Km 566+000 devido ao fato deste se mostrar o mais crítico posteriormente, apesar de não ter recebido o maior volume de serviços.

4.4 Serviços de Tapa Buraco na BR-153 no Estado de Goiás

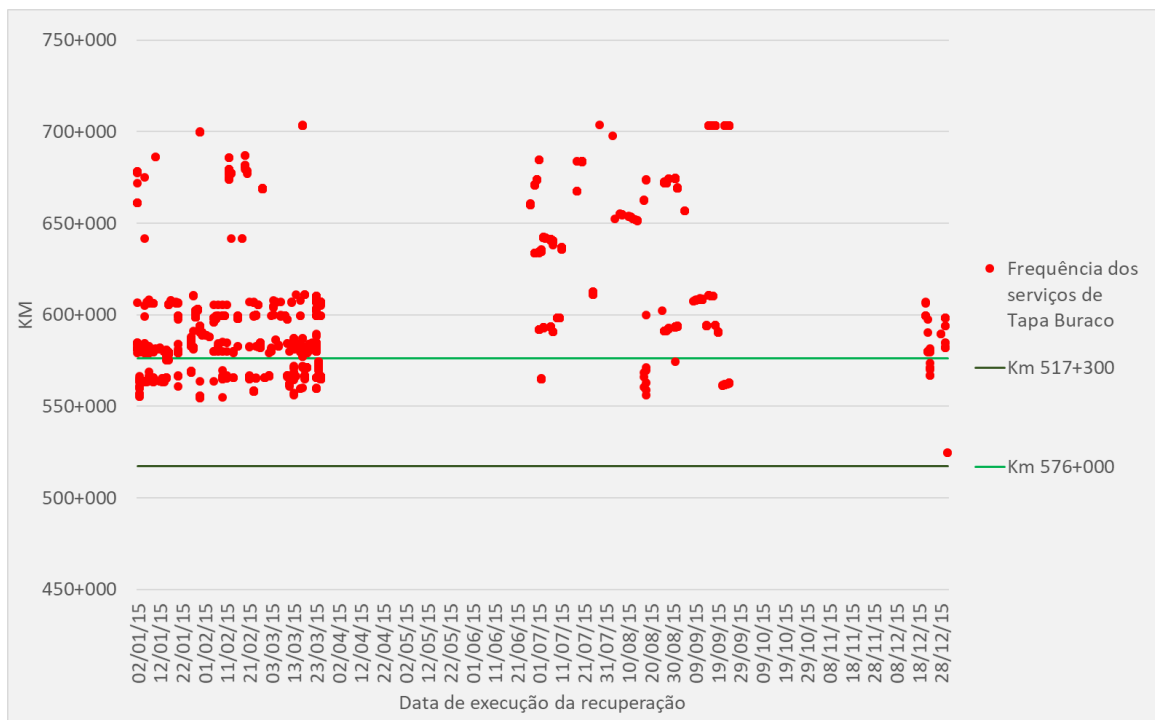
Desde o início da concessão este tipo de serviço foi o mais utilizado como conservação corretiva rotineira do pavimento. Nos gráficos de dispersão 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 e 4.21 são apresentadas todas as ocorrências de tapa buraco na BR-153 no Estado de Goiás nos anos de 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019, respectivamente. Além disso foram introduzidas aos gráficos duas linhas limites que representam os quilômetros 517+300 e 576+000, com o intuito de identificar visualmente a frequência dessa intervenção dentro do trecho de estudo.

Gráfico 4.16: Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2014



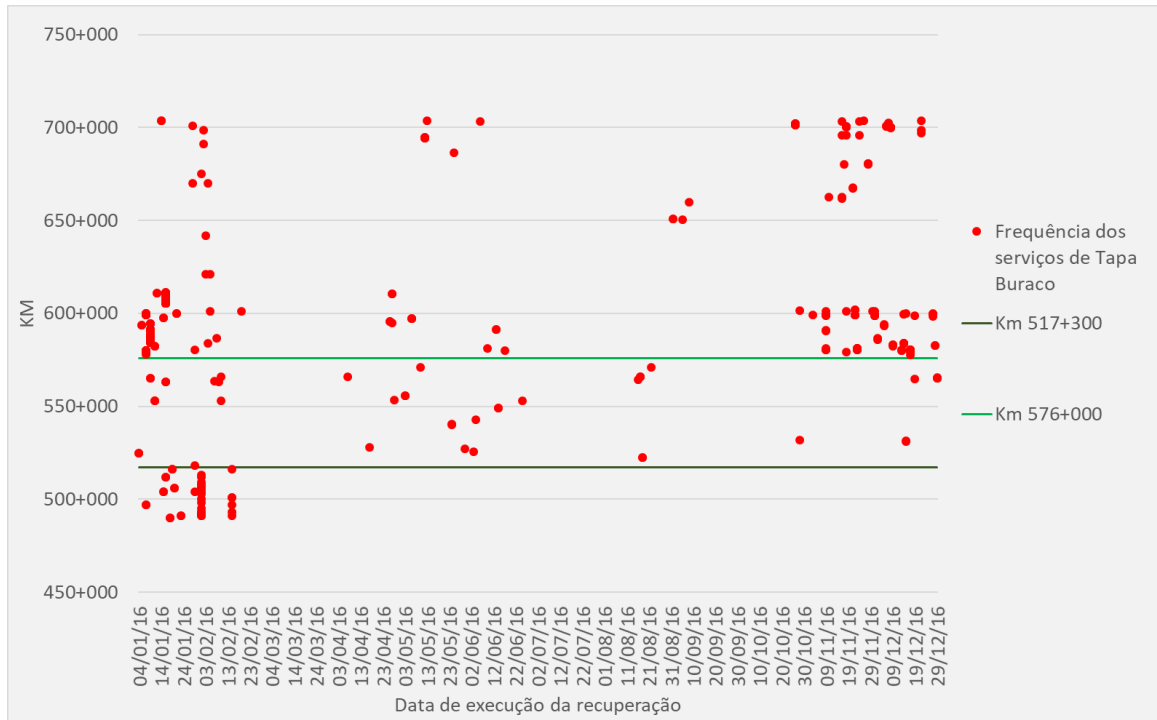
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.17: Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2015



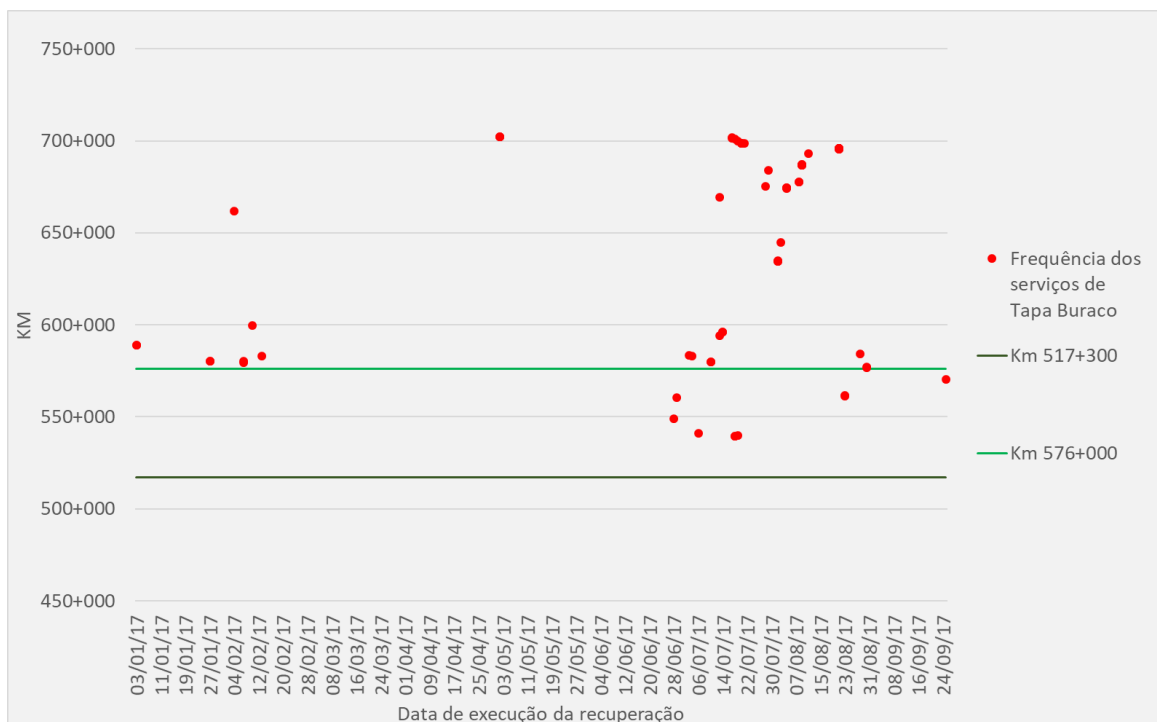
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.18: Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2016



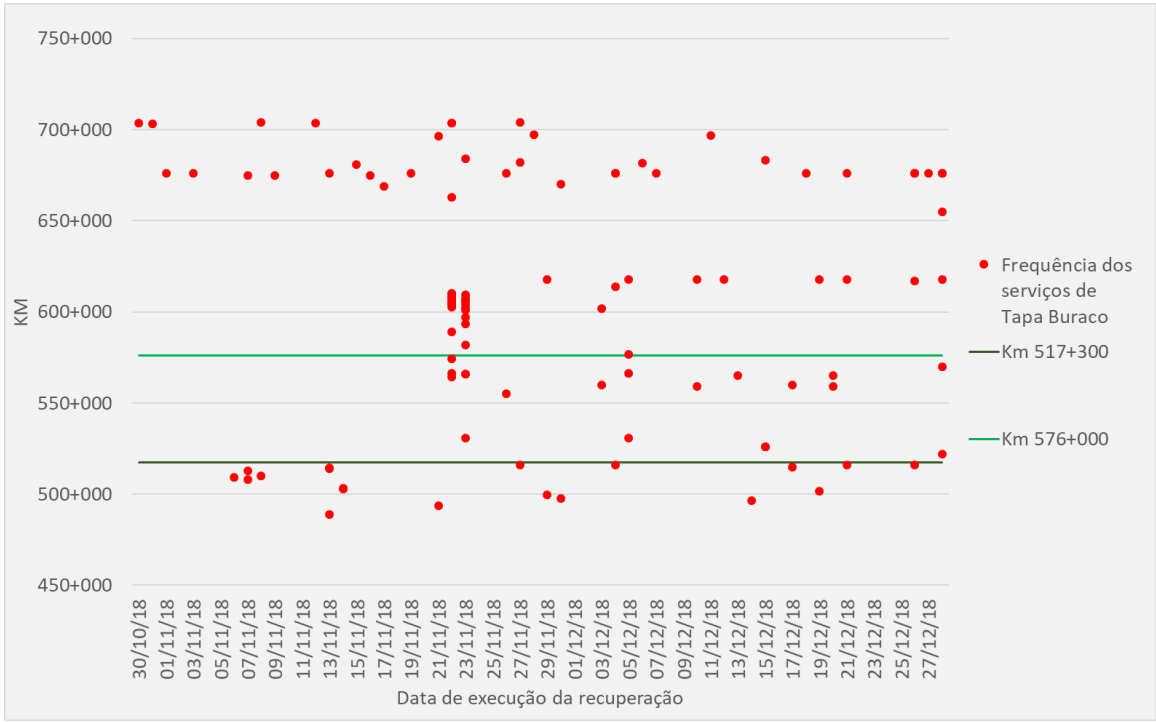
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.19: Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2017



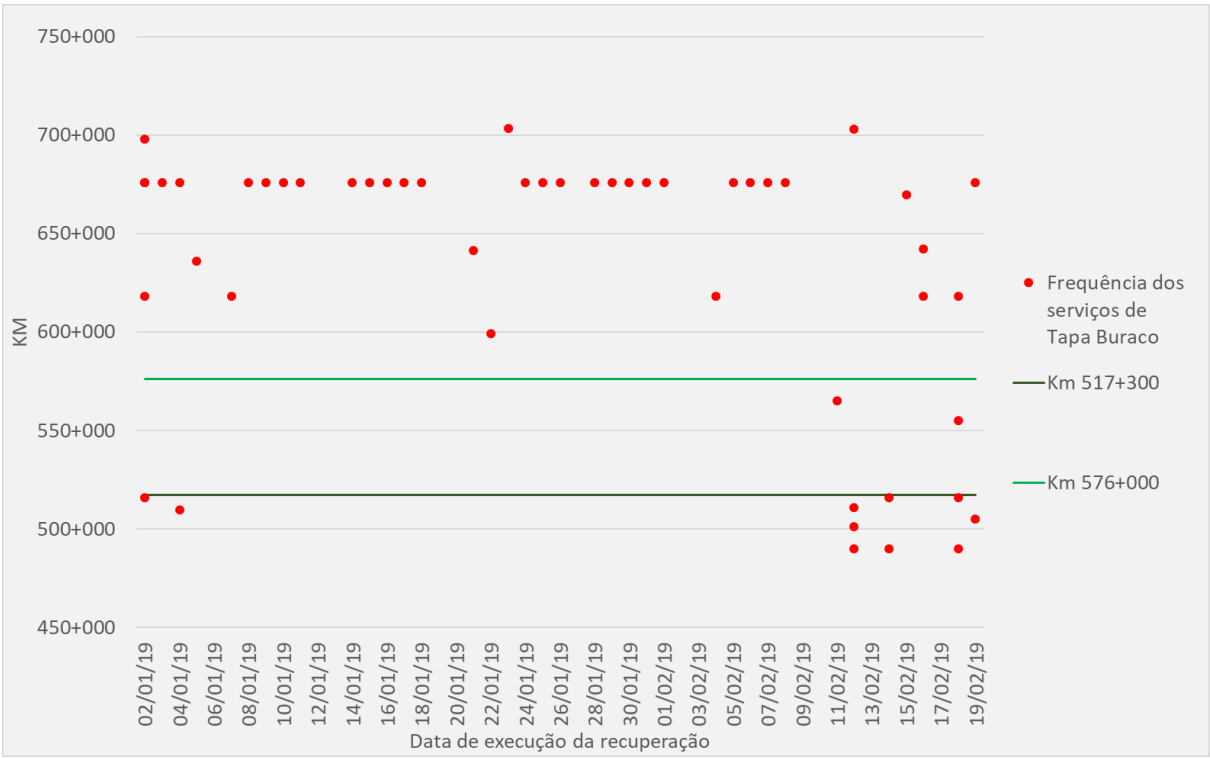
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.20: Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2018



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.21: Serviços de Tapa Buraco realizados no pavimento da BR-153 no Estado de Goiás em 2019



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Nos Quadros 4.11, 4.12 e 4.13 estão apresentadas, respectivamente, a quantidade de tapa buraco em m³ realizado desde o início da concessão no trecho total da BR-153 no Estado de Goiás, a quantidade realizada no trecho de estudo e a relação percentual dos serviços de tapa buraco que ocorreram dentro do trecho de estudo quando comparados ao total da BR-153 no Estado de Goiás.

Quadro 4.11: Volume de tapa buraco realizado na BR-153 desde o início da concessão

BR-153/GO TRECHO TOTAL						
TAPA BURACO						
Mês	Volume (m³)					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	0,00	211,61	4.750,96	1,12	0,00	51,72
Fevereiro	0,00	75,77	17,39	0,98	0,00	35,15
Março	0,00	246,24	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00	0,00
Maio	0,00	0,00	1,17	0,46	0,00	0,00
Junho	0,00	65,68	1,60	0,15	0,00	0,00
Julho	0,00	120,29	0,00	13,48	0,00	0,00
Agosto	0,00	60,01	0,51	2,52	0,00	0,00
Setembro	0,00	161,59	0,22	0,25	0,00	0,00
Outubro	0,00	0,00	0,93	0,00	4,15	0,00
Novembro	0,00	0,00	18,19	0,00	123,62	0,00
Dezembro	32,63	9,62	4,20	0,00	150,02	0,00
TOTAL	32,63	950,81	4.796,81	18,96	277,79	86,87

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.12: Volume de tapa buraco realizado no trecho de estudo da BR-153 desde o início da concessão

BR-153/GO TRECHO DE ESTUDO						
TAPA BURACO						
Mês	Volume (m³)					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	0,00	33,93	22,45	0,00	0,00	0,00
Fevereiro	0,00	14,14	3,64	0,00	0,00	2,18
Março	0,00	103,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00	0,00
Maiο	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00
Junho	0,00	0,00	0,74	0,15	0,00	0,00
Julho	0,00	5,36	0,00	2,99	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,55	0,51	0,20	0,00	0,00
Setembro	0,00	21,90	0,00	0,25	0,00	0,00
Outubro	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00
Novembro	0,00	0,00	0,00	0,00	2,71	0,00
Dezembro	1,92	1,95	0,89	0,00	48,34	0,00
TOTAL	1,92	180,83	29,97	3,59	51,06	2,18

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Quadro 4.13: Relação percentual entre a quantidade de tapa buraco realizado no trecho de estudo da BR-153 e a quantidade realizada no trecho total da rodovia no Estado de Goiás

TAPA BURACO	
Mês	Porcentagem
2014	5,89%
2015	19,02%
2016	0,62%
2017	18,91%
2018	18,38%
2019	2,51%
TOTAL	4,37%

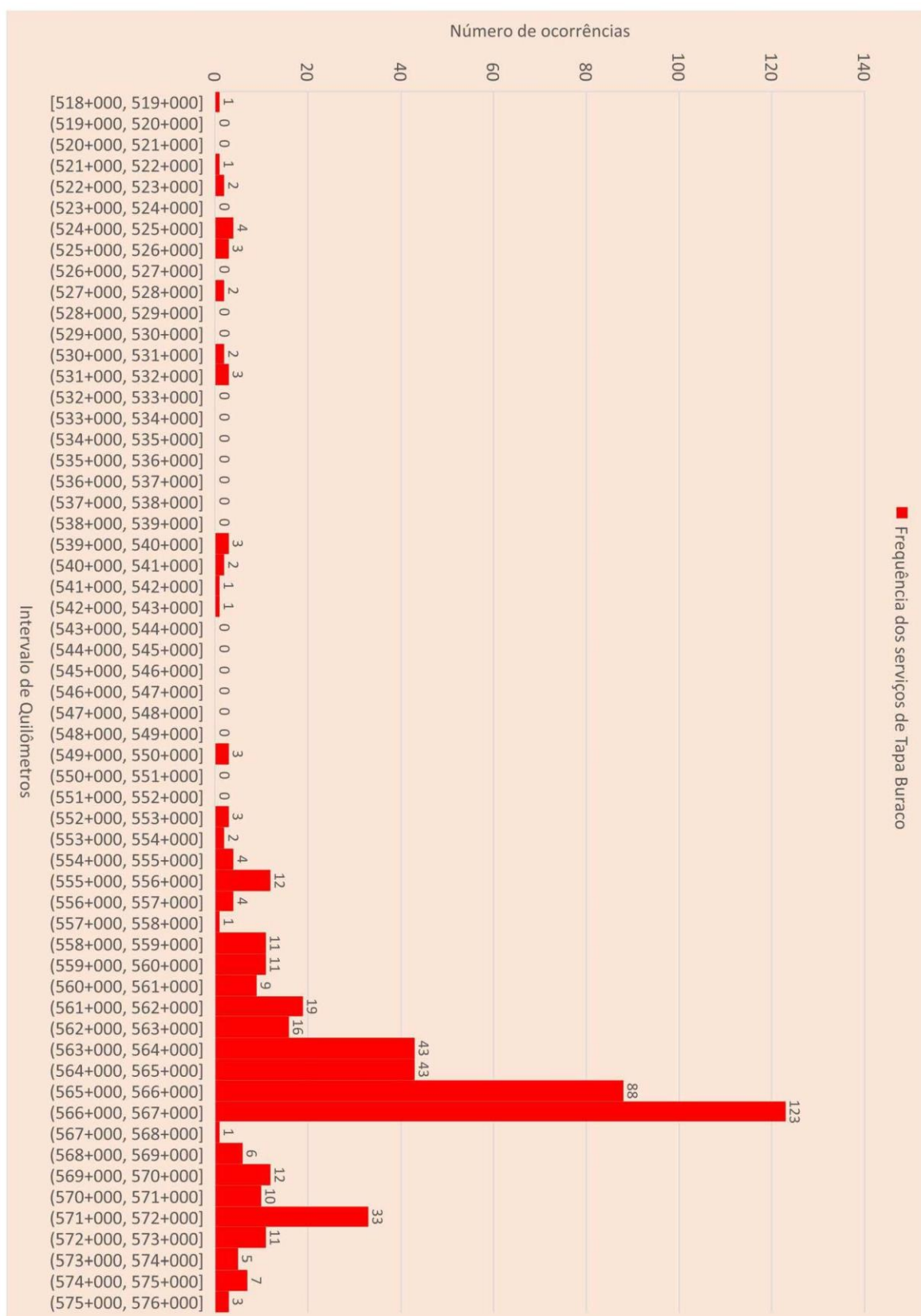
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

A princípio, tendo como base o que pode ser visto nos gráficos, é fácil inferir que o trecho de estudo faz parte dos trechos mais críticos da rodovia, porém tal afirmação torna-se falsa a partir da análise dos Quadros 4.13 e 4.4, pois, dos serviços de tapa buraco realizados desde o início da concessão, 4,37% destes foram realizados no trecho de estudo e são proporcionalmente inferiores aos 27,50% que o trecho representa para a rodovia no Estado de

Goiás. Apesar disso, torna-se relevante a inclusão deste serviço na análise devido ao seu impacto na irregularidade longitudinal do pavimento e à sua característica corretiva, ou seja, espera-se que a solução seja duradoura o suficiente de forma que diminua sua recorrência.

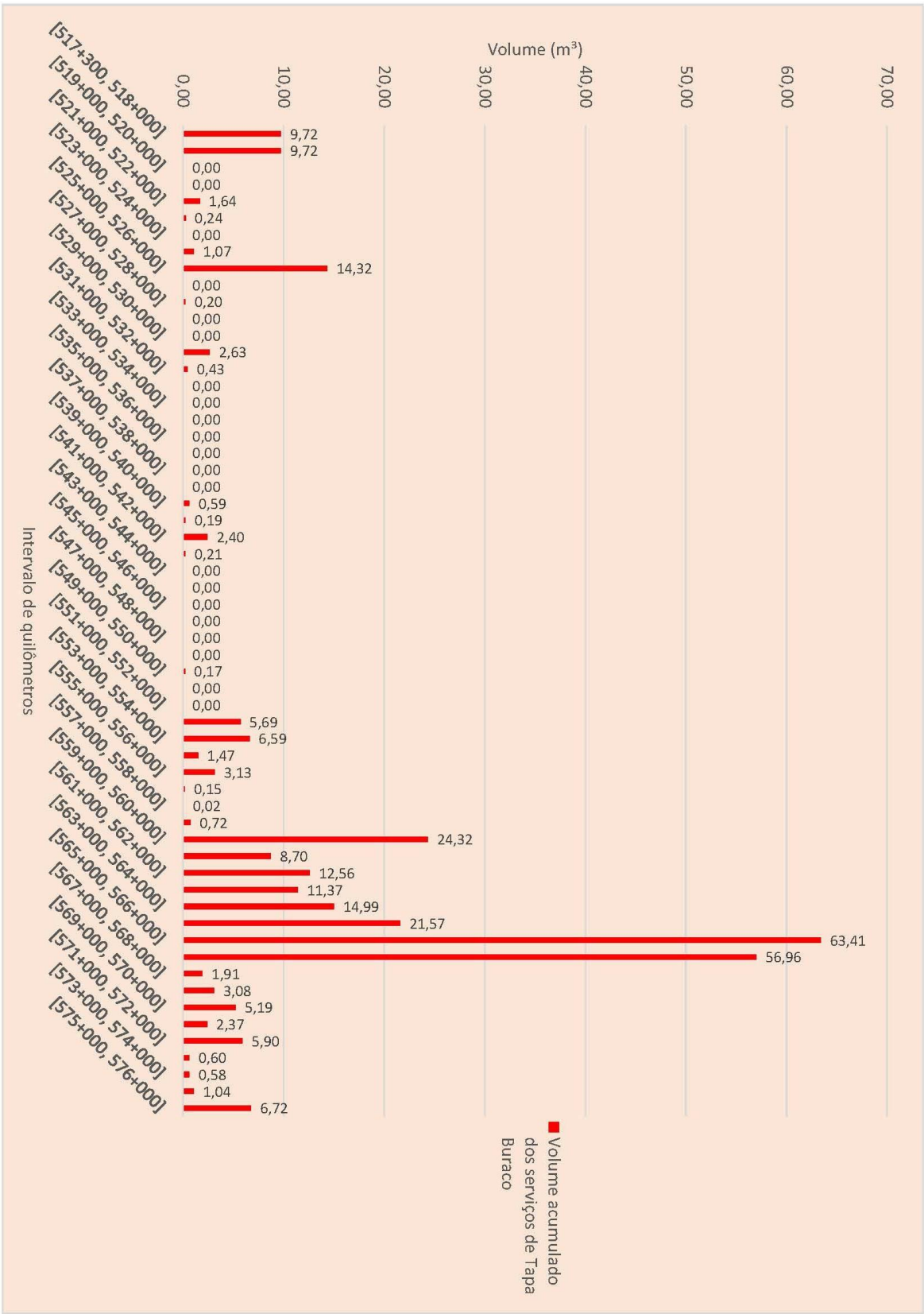
No Gráfico 4.22 é evidenciado a frequência dos serviços de tapa buraco dentro do trecho de estudo desde o início da concessão e, no Gráfico 4.23, o volume acumulado de serviços de tapa buraco dentro do trecho de estudo desde o início da concessão.

Gráfico 4.22: Frequência dos serviços de tapa buraco no trecho de estudo desde o início da concessão



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Gráfico 4.23: Volume acumulado de tapa buraco no trecho de estudo desde o início da concessão



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Como pode ser visto nos gráficos anteriores, os trechos mais críticos por número de ocorrências são:

- ✓ 563+000 ao 564+000: 43 ocorrências;
- ✓ 564+000 ao 565+000: 43 ocorrências;
- ✓ 565+000 ao 566+000: 88 ocorrências;
- ✓ 566+000 ao 567+000: 123 ocorrências.

Neste caso houve um empate de ocorrências entre trechos. Adicionalmente, os trechos mais críticos por volume acumulado são:

- ✓ 565+000 ao 566+000: 63,41 m³;
- ✓ 566+000 ao 567+000: 56,96 m³;
- ✓ 559+000 ao 560+000: 24,32 m³.

4.5 Escolha do trecho mais crítico

Tomando como base as análises feitas anteriormente, pode-se inferir que o trecho mais crítico dentro do trecho de estudo está entre o Km 565+000 e o Km 566+000 devido ao fato deste apresentar os maiores valores em m³ dos serviços de Fresagem e Tapa Buraco, sendo eles, respectivamente, 845,54 m³ e 63,41 m³. Os valores de Microrrevestimento e Remendo Profundo corroboram com a afirmação apresentada anteriormente, pois o número de ocorrências de Microrrevestimento é nulo justamente devido à necessidade de uma intervenção mais profunda no trecho, sendo que o valor de 3,68 m³ de Remendo Profundo, executado no começo da concessão (2014), também corrobora por não ter sido suficiente para sanar os defeitos de modo que não precisasse da execução de novas intervenções.

4.6 Análise do Projeto Executivo da BR-153 e do Relatório Inicial de Cadastro da Rodovia

Com o trecho crítico de estudo definido, torna-se necessário verificar se este foi executado conforme o projeto. Sendo assim, os dados levantados do Projeto Executivo da BR-153 (ANEXO B) no Estado de Goiás são apresentados a seguir:

✓ **Caracterização do trecho:** o segmento crítico de estudo, entre o Km 565+000 e o Km 566+000, está dentro da travessia urbana de Professor Jamil, entre as estacas de projeto 2532 e 2599;

✓ **Espessuras das camadas:** de acordo com o projeto, as espessuras, em centímetros, das camadas de revestimento, binder, base e sub-base são, respectivamente, 4,5 cm, 5,0 cm, 15,00 cm e 20,00 cm;

✓ **Material constituinte das camadas:** de acordo com o projeto, o pavimento deveria possuir revestimento e camada de ligação de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) aditivado com polímero, base de solo melhorado com adição de 2% de cimento e sub-base estabilizada granulometricamente.

Adicionalmente, os dados levantados do Relatório de Cadastro Inicial da Rodovia (ANEXO B), tendo o intuito de verificar o cumprimento do projeto, são:

✓ **Espessuras das camadas e materiais constituintes:** o cadastro inicial separou em duas as camadas do pavimento, sendo a do revestimento constituída de Concreto Asfáltico com espessura de 10 cm, e a de base constituída por Solo Brita (brita 3/8”) com espessura de 30 cm.

Portanto pode-se inferir que o projeto executivo não foi executado como deveria, pois, apesar de apresentar espessura e composição do revestimento e da camada de ligação corretos, não apresentam a existência de uma base melhorada com cimento. Além disso, o fato da sub-base existente possuir uma espessura superior à firmada em projeto, ao invés de 20 cm executou-se 30 cm, não diminui o problema, pois a camada de base melhorada com cimento atribuiria uma resistência superior à da sub-base. Tal problema pode ser o culpado pela pouca durabilidade e alta necessidade de manutenção do pavimento.

4.7 Análise dos parâmetros exigidos pelo Programa de Exploração da Rodovia (PER)

Conhecidas as características do trecho crítico e a recorrência de intervenções, levantou-se os parâmetros para o desempenho esperado do pavimento dentro do tempo de concessão, verificando assim a efetividade dessas intervenções.

Para isso, primeiramente é necessário definir alguns tópicos do escopo dos serviços de recuperação e manutenção do pavimento (ANEXO C), sendo eles:

- ✓ A concessionária deverá realizar um reforço estrutural do pavimento flexível existente, com eventual reconstrução de segmentos cujo nível de deterioração, condições estruturais ou ambos não comportem o reforço do pavimento existente;

- ✓ A concessionária deverá assegurar irregularidade mínima e compatível com as velocidades operacionais, a fim de minimizar a resposta dinâmica na interação veículo-pavimento, de acordo com as avaliações previstas;

- ✓ A concessionária deverá garantir atrito adequado, mesmo sob chuvas intensas, sem causar desgaste excessivo dos pneus;

- ✓ As soluções técnicas para manutenção deverão garantir vida útil de serviço superior a 5 anos a contar da conclusão das respectivas obras e, no mínimo, até a próxima intervenção programada, de modo que o pavimento se mantenha em bom estado e com critérios de aceitação relativos à deterioração de superfície plenamente atendidos.

Posteriormente levantou-se os parâmetros de desempenho do pavimento, sendo a parte analisada deles apresentada no Quadro 4.14.

Quadro 4.14: Parâmetros de desempenho do pavimento e seus prazos de atendimento

PARÂMETRO DE DESEMPENHO	PRAZO DE ATENDIMENTO / FASE						
	TRABALHOS INICIAIS	RECUPERAÇÃO				MANUTENÇÃO	
	9 meses	24 meses	36 meses	48 meses	60 meses	357 meses	360 meses
Percentagem de área trincada (TR) máxima:	20% da área total	20% em 60% da rodovia	20% em 40% da rodovia	20% em 20% da rodovia	15% da área total	0% (Ausência de área trincada)	
		15% em 40% da rodovia	15% em 60% da rodovia	15% em 80% da rodovia			
Desníveis entre a faixa de tráfego e o acostamento nos trechos em pista dupla (tolerância máxima):	5 cm				Ausência total		
Irregularidade longitudinal máxima de 2,7 m/km (sendo que o restante não poderá exceder 4,0 m/km), ou QI ≤ 35 contagens/km, em, no mínimo:	0%	35% da rodovia	60% da rodovia	80% da rodovia	100% da rodovia		
Deflexão característica (Dc) máxima de 50×10^{-2} mm					X		
Índice de Gravidade Global: IGG ≤ 30					X		
Altura de areia (HS), compreendida no intervalo: $0,6 \text{ mm} < HS < 1,2 \text{ mm}$ (para camadas porosas de atrito dispensa-se o limite máximo)					X		
Valor da resistência à derrapagem: VRD > 47					X		

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

4.8 Análise dos Relatórios de Monitoração do Pavimento

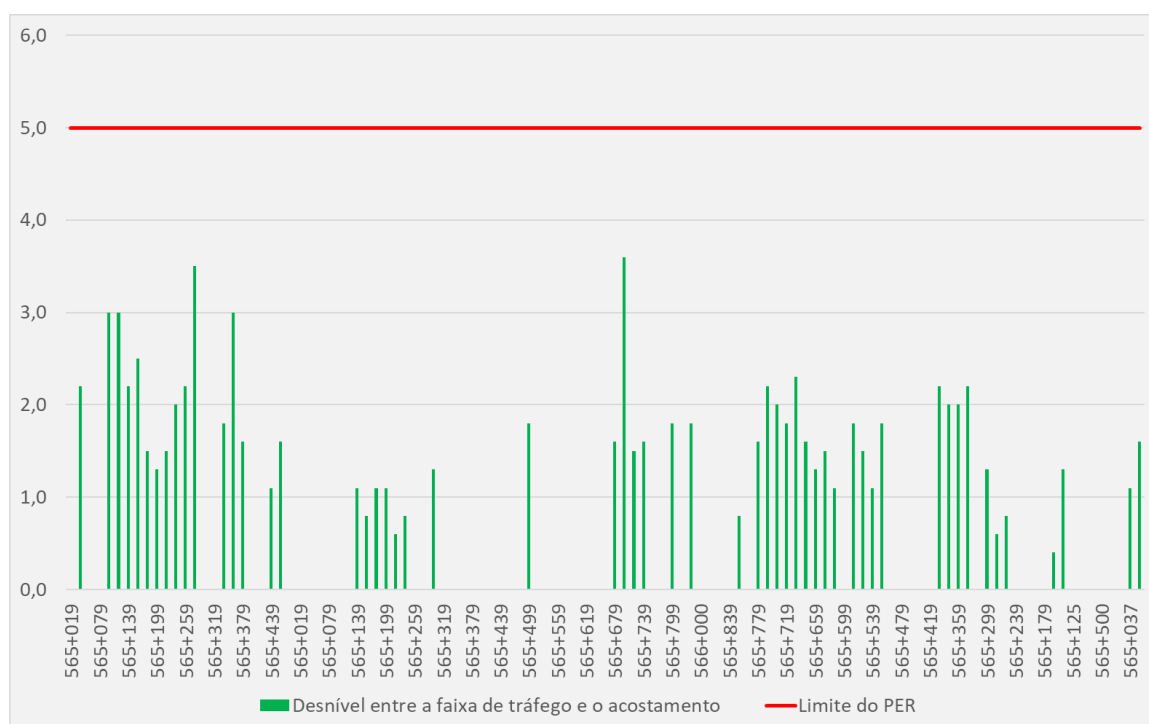
Os Relatórios de Monitoração disponibilizados foram dos anos de 2015, de 2016, de 2017, de 2018 e parte do de 2019, que até a data final dos dados coletados não tinha sido apresentado ainda. A partir destes levantou-se os índices apresentados nos relatórios referentes ao trecho crítico, sendo eles: desnível entre a faixa de tráfego e o acostamento (DPA), o Índice de Gravidade Global (IGG), o Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI), o

Valor de Resistência à Derrapagem (VRD), os valores referentes aos ensaios de Altura de Areia (HS), o Índice do Estado de Superfície (IES), os valores de área trincada (TR) e a Deflexão Característica (D_C).

4.8.1. Desnível entre a faixa de tráfego e o acostamento (DPA)

Os valores disponibilizados referentes a este índice foram dos anos de 2015 a 2018, sendo portanto analisados tendo como base os parâmetros apresentados na coluna de 48 meses de concessão (início da concessão em Setembro de 2014) do Quadro 4.14. No Gráfico 4.24 é possível observar o desnível entre a faixa de tráfego e o acostamento por local analisado, sendo adicionado uma linha limite de 5 cm de DPA exigida para atendimento dentro dos 48 meses de concessão.

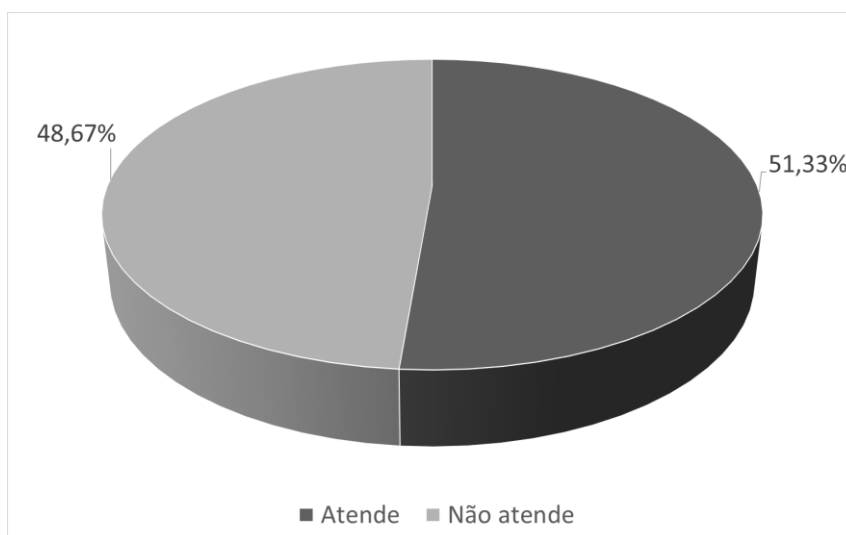
Gráfico 4.24: Levantamento DPA 2018



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Como pode ser visto no gráfico anterior, nenhum local excedeu o limite firmado pelo PER, porém a existência de desníveis já se torna preocupante para 48 meses de serviço, já que com 60 meses de serviço (2019) este índice deveria ser nulo. No Gráfico 4.25 é evidenciado a porcentagem de locais que não atendem à este parâmetro quando comparado ao trecho crítico em geral.

Gráfico 4.25: Porcentagem referente ao atendimento do índice DPA ao parâmetro do PER em 5 anos de serviço



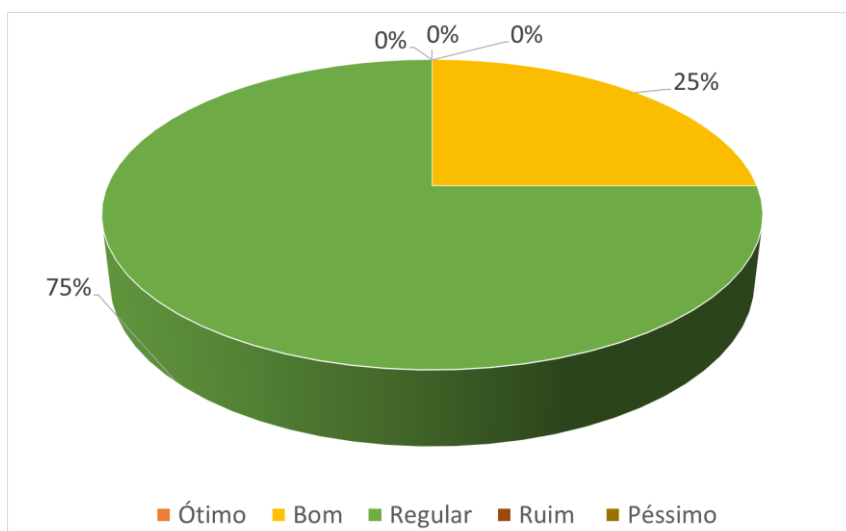
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

4.8.2. Índice de Gravidade Global (IGG)

Os valores disponibilizados referentes a este índice foram dos anos de 2015 a 2018. A análise foi feita tendo como 30 o valor de IGG máximo, parâmetro exigido para 60 meses de serviço, porém o levantamento no trecho crítico não ultrapassou esse valor.

No Gráfico 4.26 é possível observar a classificação dos valores de IGG do trecho crítico.

Gráfico 4.26: Classificação do trecho crítico através dos valores de IGG

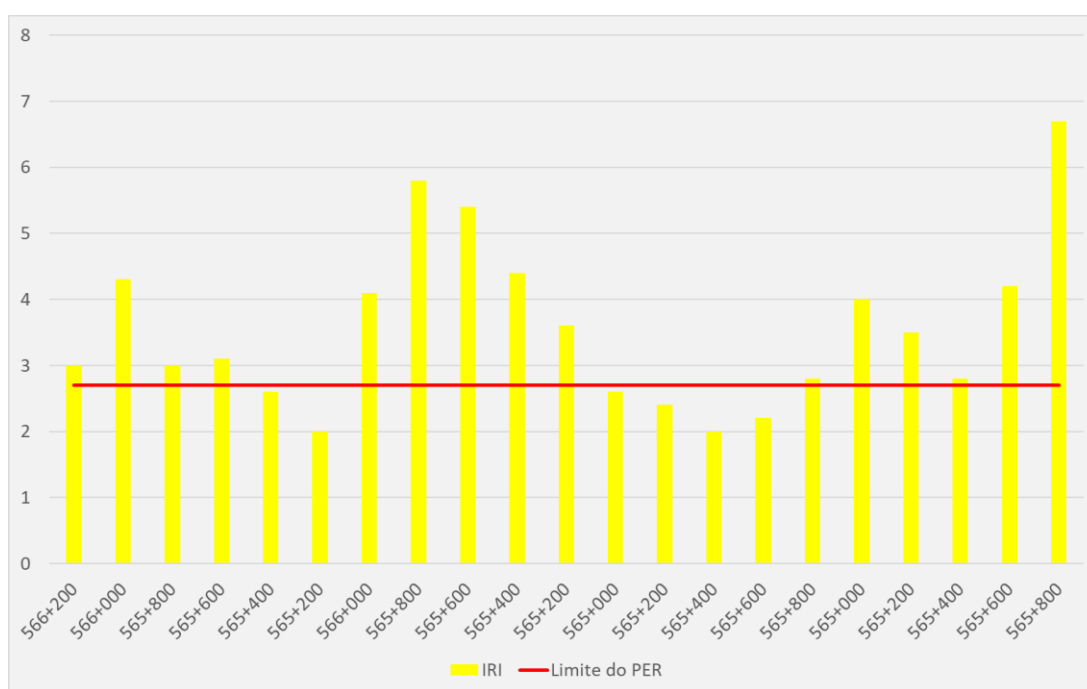


Fonte: Arquivo pessoal (2019)

4.8.3. Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI)

Os valores disponibilizados referentes a este índice foram dos anos de 2015 a 2018, sendo portanto analisados tendo como base os parâmetros apresentados na coluna de 48 meses de concessão da Quadro 4.14. No Gráfico 4.27 é possível observar o IRI por faixa de 200 metros, sendo adicionado uma linha limite de 2,7 m/Km exigida para atendimento, em 80% da rodovia, dentro dos 48 meses de concessão.

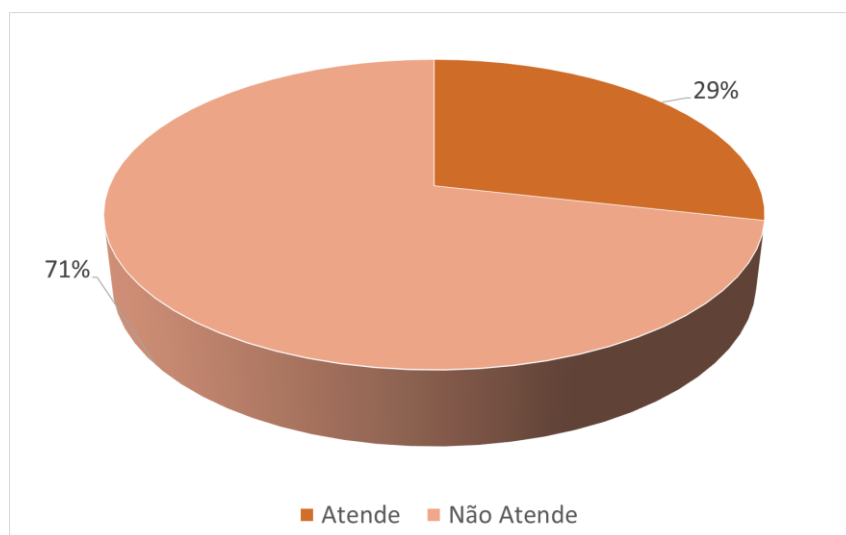
Gráfico 4.27: Levantamento IRI 2018



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Como pode ser visto no gráfico anterior, alguns locais excederam o limite firmado pelo PER e, sendo o limite de IRI estendido para 100% da rodovia com 60 meses de serviço, tal fato torna-se preocupante tendo em vista o desempenho esperado do pavimento. No Gráfico 2.28 é evidenciado a porcentagem de locais que não atendem à este parâmetro quando comparado ao trecho crítico em geral.

Gráfico 4.28: Porcentagem referente ao atendimento do índice IRI ao parâmetro do PER em 5 anos de serviço

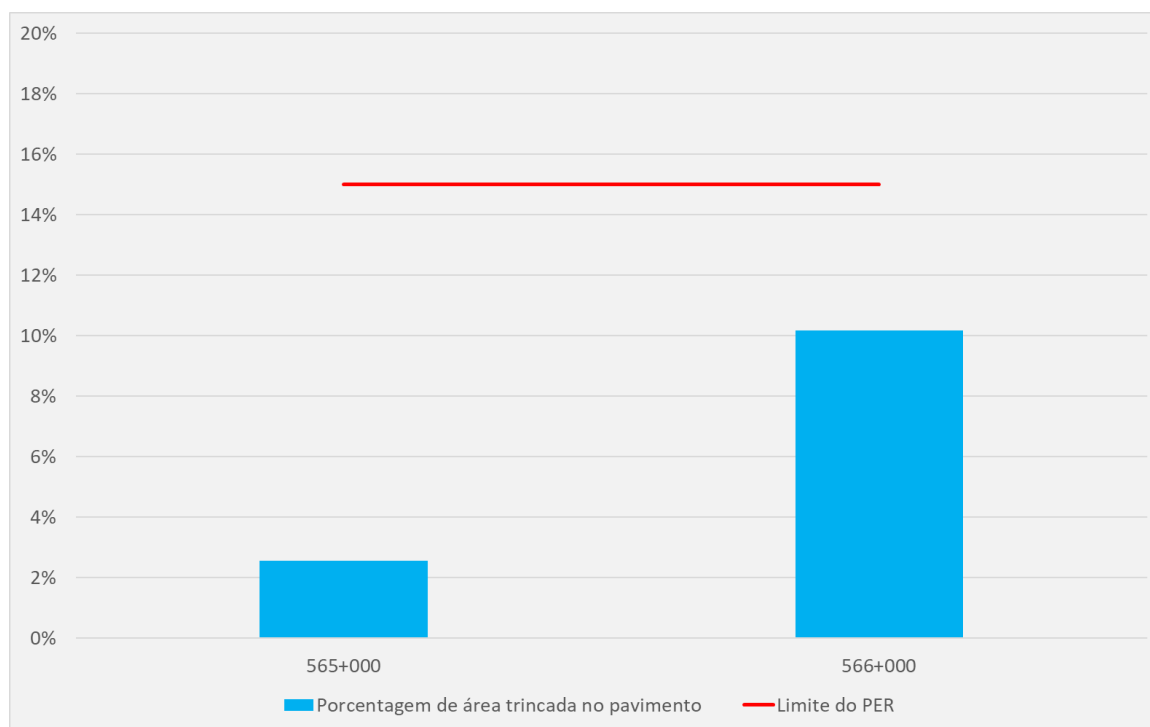


Fonte: Arquivo pessoal (2019)

4.8.4. Porcentagem de área trincada (TR)

Os valores disponibilizados referentes a este índice foram dos anos de 2015 a 2018. A análise foi feita tendo como 15% o valor de TR máximo, parâmetro exigido em 80% da rodovia em 48 meses e em 100% da rodovia em 60 meses. No Gráfico 4.29 é possível observar o TR por faixa de quilômetro, sendo adicionado uma linha limite de 15% exigida para atendimento.

Gráfico 4.29: Levantamento de área trincada (TR) em 2018



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Como pode ser visto no gráfico anterior, nenhum local excedeu o limite firmado pelo PER.

4.8.5. Valor de Resistência à Derrapagem (VRD) e Altura de Areia (HS)

Os valores disponibilizados referentes a estes índices foram dos anos de 2015 a 2018. A análise foi feita tendo como 47 o valor de VRD mínimo e como intervalo admissível de HS entre 0,6 mm e 1,2 mm, parâmetros exigidos para 60 meses de serviço. No Quadro 4.15 são apresentados os valores de VRD e HS levantados o mais próximo possível do trecho crítico de estudo, pois este não estava incluso no levantamento de 2018.

Quadro 4.15: Valores de aderência levantados em 2018

Sentido	Km	VRD	HS
Sul	582+970	44	0,55
Norte	583+000	48	0,46

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Como pode ser visto na tabela anterior, apenas o valor de VRD na pista sul do Km 582+970 atendeu ao parâmetro do PER, estando todos os outros valores fora de parâmetro.

4.8.6. Deflexão Característica (D_C)

Este índice foi o único que apresentou valores levantados de 2015 a 2019. A análise foi feita tendo como 50×10^{-2} mm o valor de D_C máximo, parâmetro exigido para 60 meses de serviço. Os valores levantados por ano para o trecho crítico foram:

- ✓ **D_C apresentado em 2015:** 82×10^{-2} mm;
- ✓ **D_C apresentado em 2016:** 64×10^{-2} mm;
- ✓ **D_C apresentado em 2017:** 58×10^{-2} mm;
- ✓ **D_C apresentado em 2018:** 44×10^{-2} mm;
- ✓ **D_C apresentado em 2019:** 46×10^{-2} mm.

A partir dos dados levantados, pode-se inferir que o trecho não foge ao parâmetro para 60 meses de serviço, além disso observa-se uma melhora das condições estruturais do pavimento com o passar dos anos que pode ser resultado das diversas intervenções realizadas no trecho.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

O capítulo 5 deste trabalho, conclusão, traz um comentário final a partir das análises feitas no capítulo 4, além de trazer uma proposta de intervenção que seja mais eficaz para sanar os problemas recorrentes.

Portanto, a partir das análises feitas nos projetos desenvolvidos e executados, pode-se dizer que os problemas do trecho crítico são decorrentes da não execução correta do projeto executivo de reabilitação do trecho.

Verifica-se também que o conjunto de intervenções de conservação realizadas no decorrer da concessão foram superficiais e paliativas, não considerando o volume de tráfego atuante e crescente, fazendo com que as patologias no pavimento do trecho em estudo tornassem recorrentes.

Além disso, a execução das intervenções (845,54 m³ de fresagem, 63,41 m³ de tapa buraco e 3,68 m³ de remendo profundo) resultou em gastos elevados na tentativa de solucionar os problemas e mesmo assim não foi o suficiente, pois as soluções não duraram os 5 anos exigidos pelo PER. Este fato é confirmado a partir da incoerência de que a maioria das intervenções de conservação foram superficiais, fazendo com que os índices DPA de 48,67% e o IRI de 71% do trecho em estudo não atendessem às exigências do PER para 5 anos de concessão.

Entretanto, seguindo a lógica dos índices de desempenho, nem tudo está condenado; pois pelo índice do IGG do pavimento, o trecho em estudo é classificado como Bom ou Regular, ou seja, não há uma quantidade expressiva de afundamentos que caracterize defeito estrutural no trecho.

Também se verificou que, com o passar dos anos sob às atividades da concessão, a Deflexão Característica do trecho em estudo melhorou, o que indica que as camadas mais profundas do pavimento ainda atendem às solicitações do tráfego atuante, indicando que as recorrências das patologias são decorrentes do tipo de revestimento.

Neste contexto, observa-se que a temporização dos serviços concessionados em função dos indicadores propostos não serão atingidos para o período constante no contrato, conforme indicadores do PER.

Para que se restitua e repactuem os compromissos firmados desta concessão, algumas medidas se fazem necessárias: o redimensionamento do pavimento para as condições de tráfego atual e futuro, fazendo as respectivas intervenções nos trechos críticos; estudo da possibilidade de substituição do pavimento asfáltico pelo pavimento rígido para garantir maior durabilidade, segurança e custo benefício na atuação da concessionária.

Para tanto, são necessários novos estudos e pesquisas futuras a fim de que sejam analisadas as condições de sanidade contratual para que as medidas sugeridas anteriormente sejam materializadas no período contratual da concessão, garantido conforto e segurança para os usuários deste segmento rodoviário.

REFERÊNCIAS

ABNT. **PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO**. [S. l.], 201-. Disponível em: <http://abnt.org.br/paginampe/noticias/119-piso-intertravado-de-concreto>. Acesso em: 3 jul. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (Brasil). **Histórico**. [S. l.], 201-. Disponível em: http://www.antt.gov.br/rodovias/Concessoes_Rodoviaras/Linha_do_Tempo.html. Acesso em: 1 de maio de 2019.

APASI CONCESSIONÁRIA. **Tratamento Base SOLO CIMENTO - CBUQ 2012**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://apasi.com.br/galeria/156>. Acesso em: 3 jul. 2019.

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

BENEDETTI, Leandro Zafaneli *et al.* Pavimento rígido x pavimento flexível. **Anais do salão internacional de ensino, pesquisa e extensão Unipampa**, Rio Grande do Sul, 1 dez. 2013. Disponível em: <http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/7208>. Acesso em: 16 maio 2019.

BERNUCCI, Leidi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2008.

BIANCHI, Flávia Regina ; BRITO, Isis Raquel Tacla; CASTRO, Veronica Amanda Brombley. Estudo Comparativo entre Pavimento Rígido e Flexível. *In*: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2008, Salvador. **Seminário** [...]. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/ISIS_RAQUEL.pdf. Acesso em: 15 maio 2019.

BRASIL, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER 667/22: Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER – PRO 011/79: Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro, 1979.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 007/2003 – PRO: Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 008/2003 – PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 009/2003 – PRO: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, **DNIT IPR – 710: Manual de Conservação Rodoviária**. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, **DNIT IPR – 719: Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, **DNIT IPR – 720: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018: Boletim Estatístico**. Brasília: CNT: SEST SENAT, 2018- . 2017-2018. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 1 maio 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018: relatório gerencial**. Brasília: CNT: SEST SENAT, 2018- . Disponível em: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>. Acesso em: 1 maio 2019.

ESPANHA, Companhia Española de Petróleos, **Manual de Pavimentação**. Barcelona, 2014.

GOOGLE EARTH-MAPAS. **Http://www.google.com.br/earth/**. Consulta realizada em 05/09/2019.

GUIA DA ENGENHARIA. **Entenda o que é um pavimento asfáltico**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/pavimento-asfaltico/>. Acesso em: 3 jul. 2019.

MINERAÇÃO FLORENSE. **Macadame**. [S. l.], 2017. Disponível em: <http://www.mineracaoflorense.com.br/projects/macadame/>. Acesso em: 3 jul. 2019.

MINERAÇÃO FLORENSE. **Brita Graduada Simples - Usinada**. [S. l.], 2017. Disponível em: <http://www.mineracaoflorense.com.br/projects/brita-graduada-simples-usinada/>. Acesso em: 3 jul. 2019.

MOREIRA, Evandro Dias. **ESTABILIZAÇÃO BETUMINOSA DE UMA BASE OU REVESTIMENTO PRIMÁRIO COMO ALTERNATIVA PARA PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO**. [S. l.], 2015. Disponível em: http://www.assender.com.br/wp-content/uploads/2015/09/estabilizacao_betuminosa.pdf. Acesso em: 3 jul. 2019.

MÚLTIPLA CONSTRUTORA. **Execução de Pavimento Rígido**. [S. l.], 201-. Disponível em: <https://www.multiplaconstrutora.com.br/portfolio/execucao-de-pavimento-rigido/>. Acesso em: 3 jul. 2019.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Seinf utiliza material reciclado em obras da Copa**. Fortaleza-CE, 2014. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/seinf-utiliza-material-reciclado-em-obras-da-copa>. Acesso em: 3 jul. 2019.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

TÉCHNE. **Aplicação de concreto compactado com rolo**. [S. l.], 2009. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/152/melhores-praticas-aplicacao-de-concreto-compactado-com-rolo-285783-1.aspx>. Acesso em: 3 jul. 2019.

WIKIPÉDIA. **BR-153**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/BR-153#Goi%C3%A1s>. Acesso em: 15 out. 2019.

ANEXO A

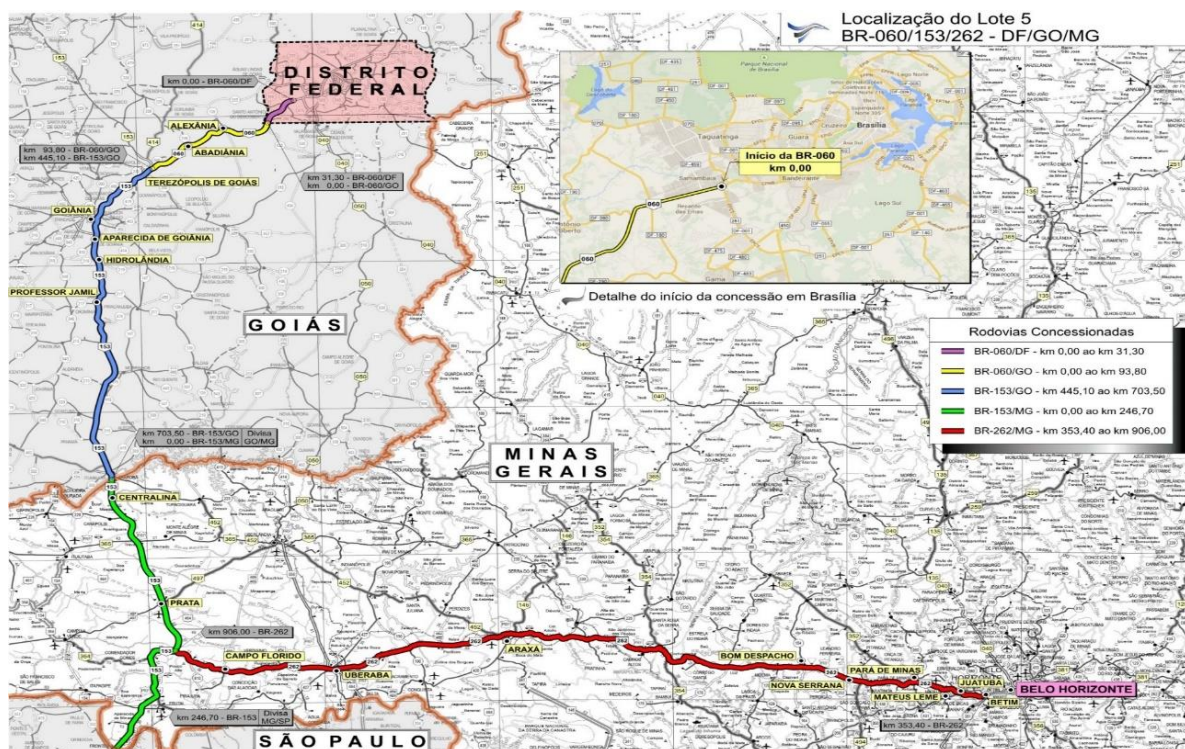
MAPAS DOS TRECHOS ADMINISTRADOS PELA CONCESSÃO

Figura A.1: Mapa com a localização geográfica da rodovia concedida



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

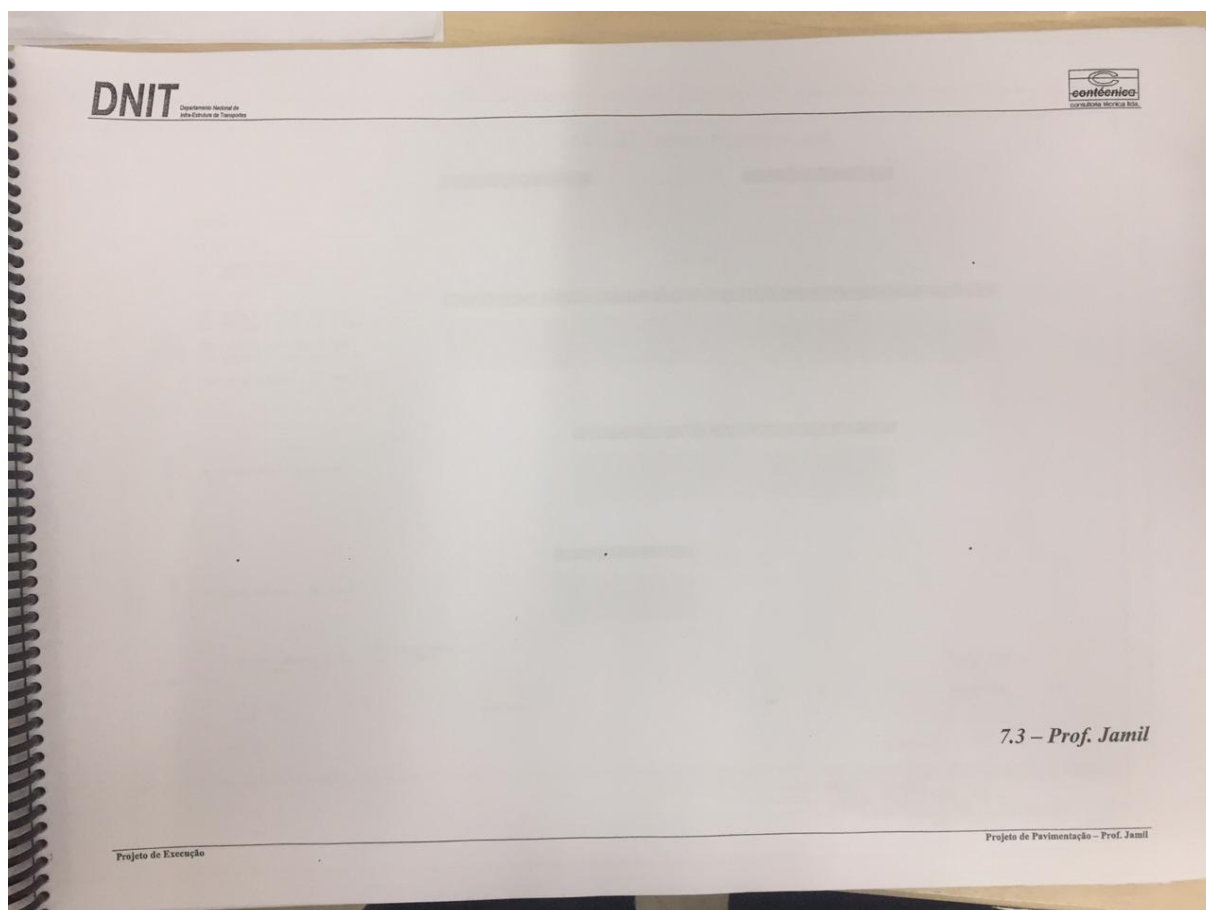
Figura A.2: Mapa com a localização geográfica da rodovia concedida



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

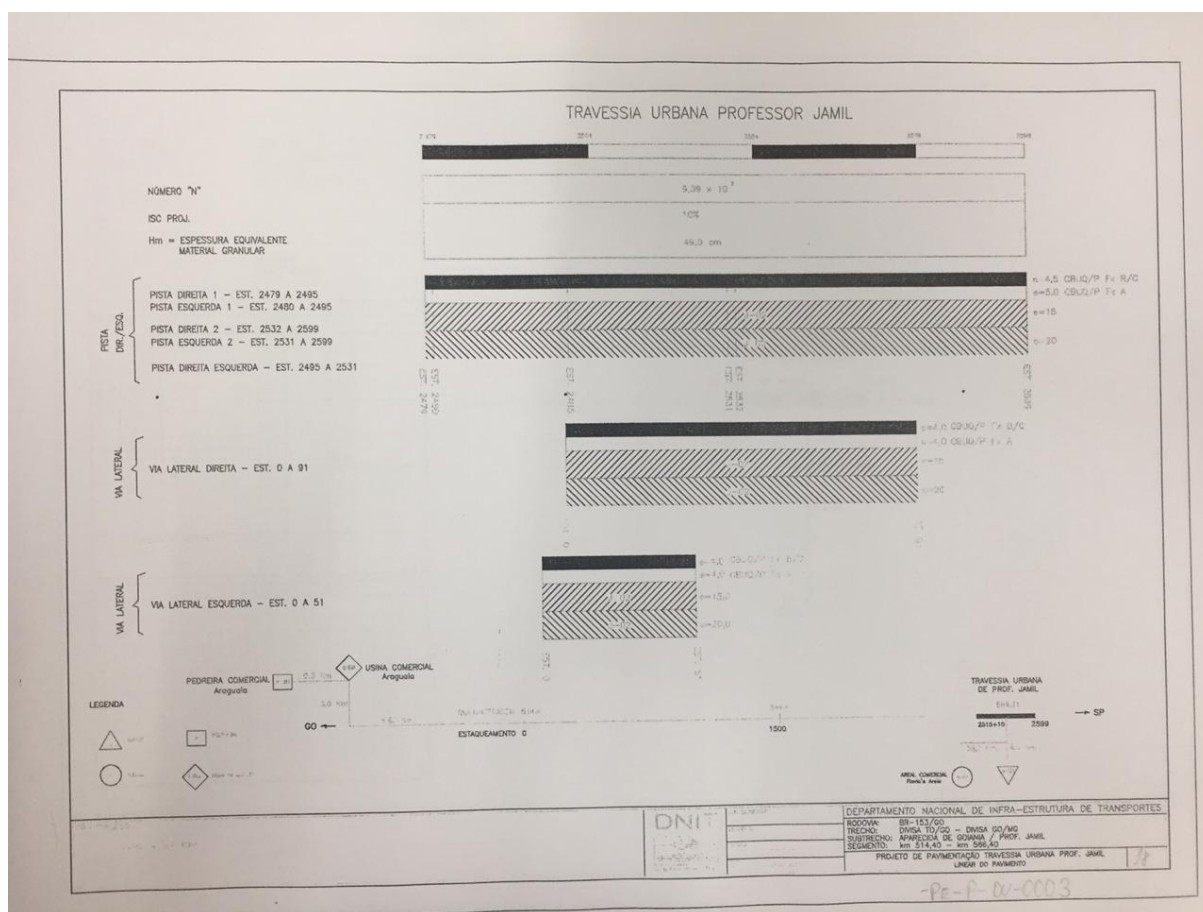
ANEXO B
PROJETO EXECUTIVO BR-153/GO TRAVESSIA URBANA DE PROFESSOR
JAMIL

Figura B.1: Capa do Projeto Executivo da BR-153 na travessia de Professor Jamil



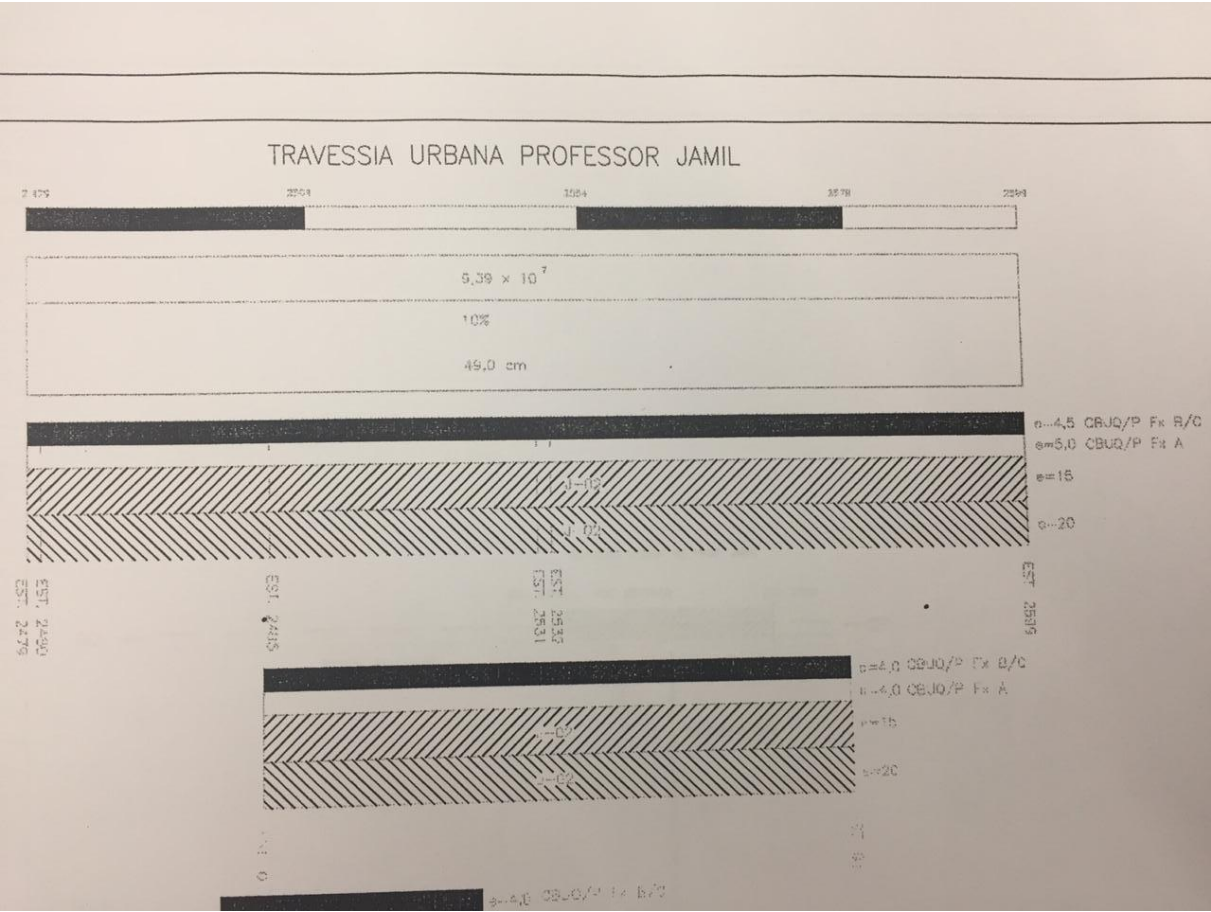
Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Figura B.2: Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Figura B.3: Detalhe das dimensões das camadas no Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Figura B.4: Detalhe da identificação das estacas de projeto no Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil

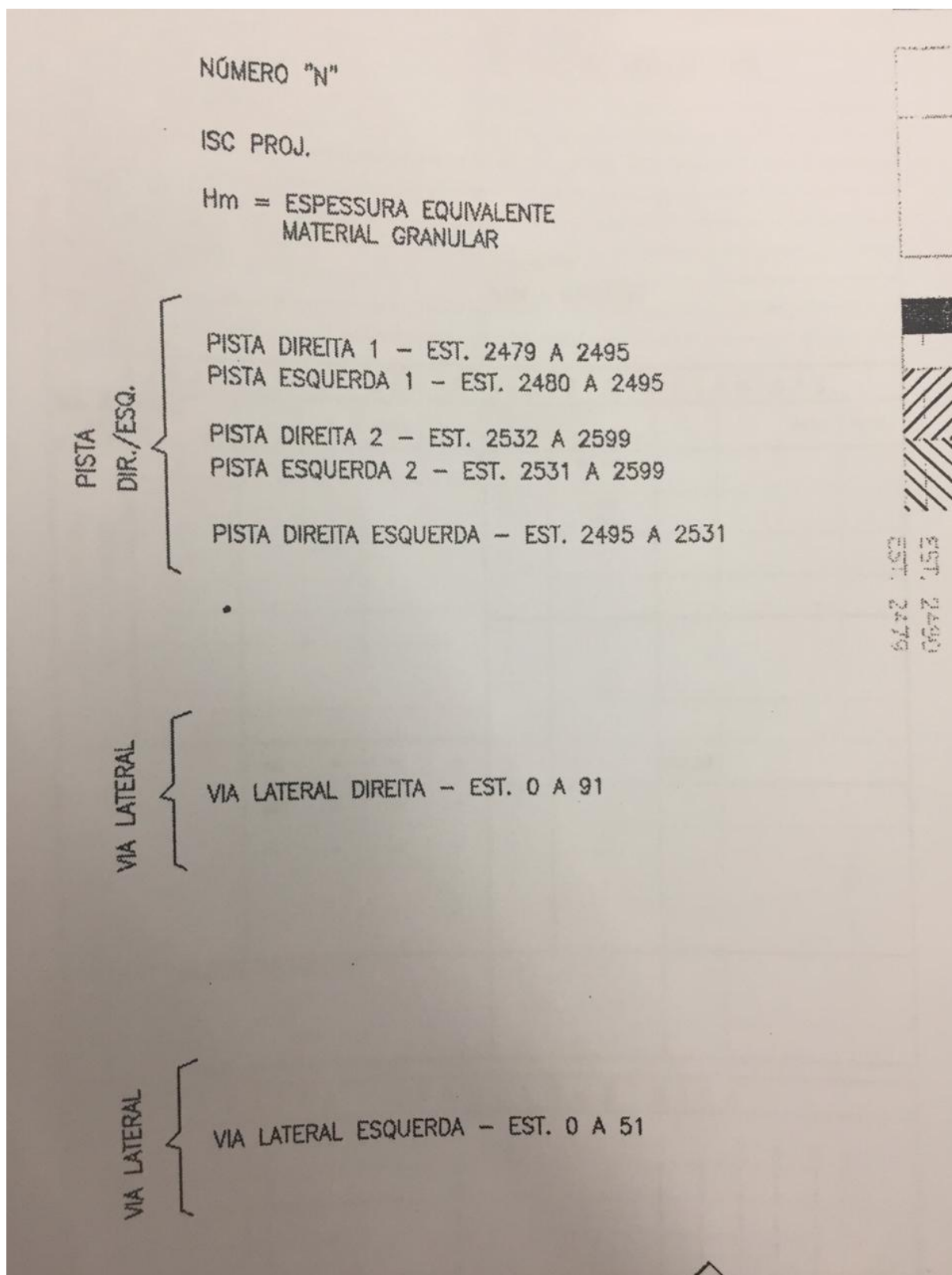
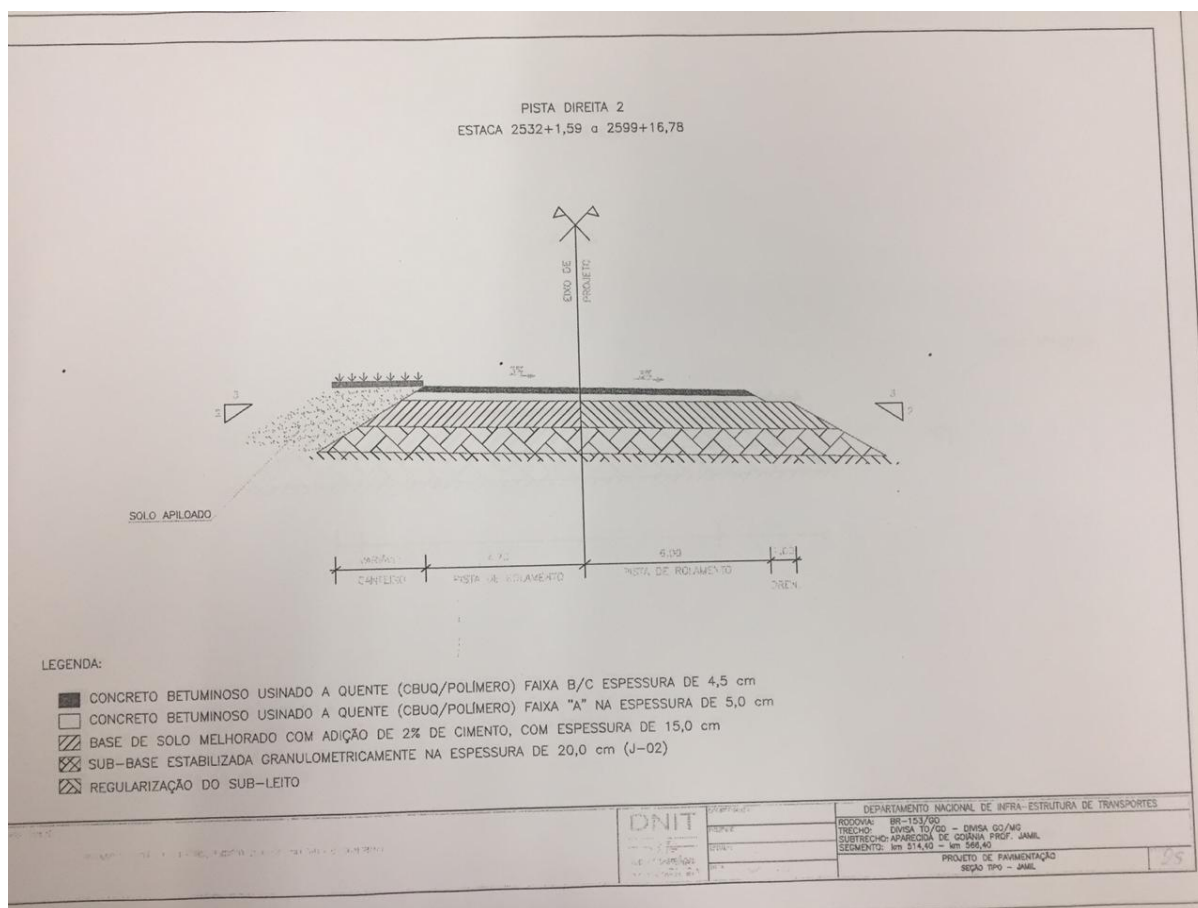
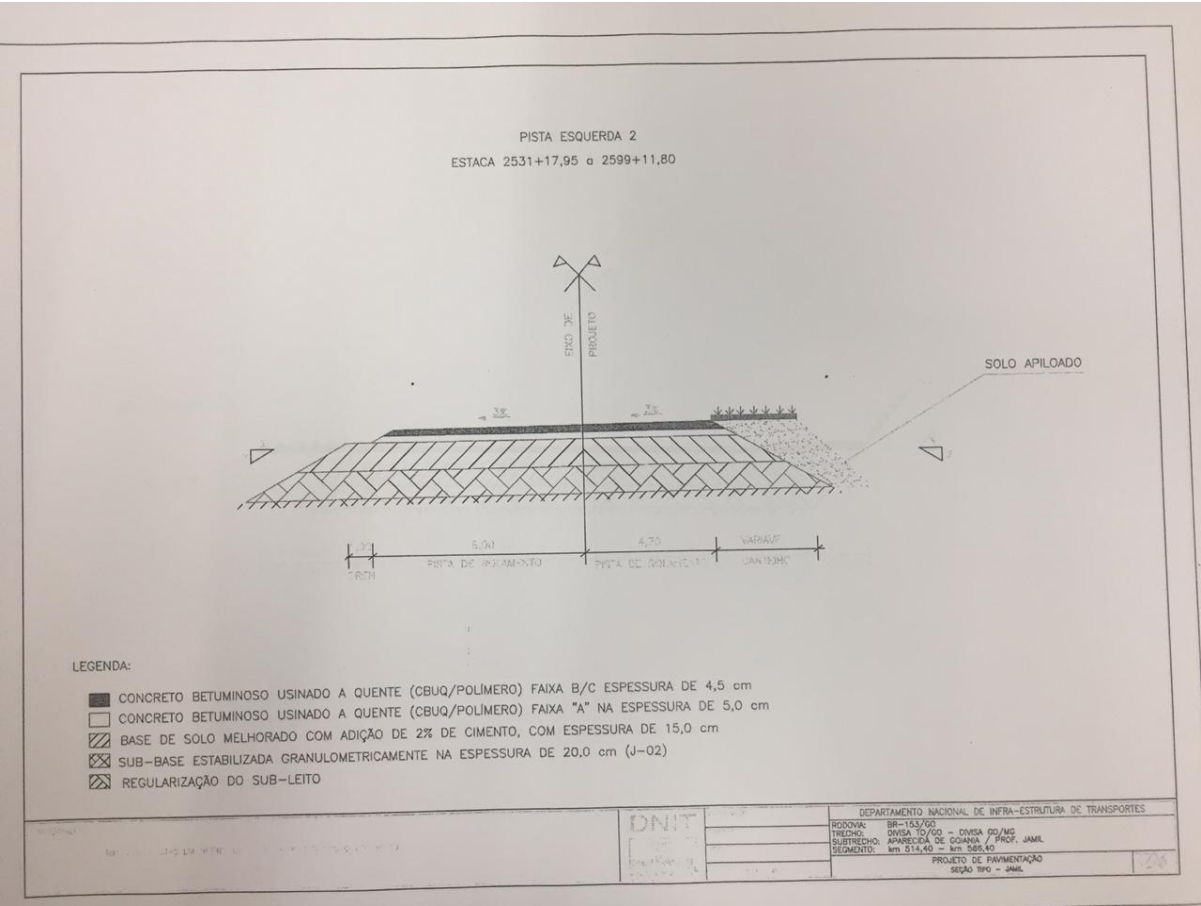


Figura B.5: Seção da pista direita do trecho crítico de estudo no Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Figura B.6: Seção da pista esquerda do trecho crítico de estudo no Projeto Executivo do Pavimento da travessia urbana de Professor Jamil



Fonte: Arquivo pessoal (2019)

Figura B.7: Imagem de satélite do trecho crítico de estudo



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Google Earth 2019

Figura B.8: Relatório de levantamento das camadas do pavimento existente

Triunfo		CTVIAS		JANELAS DE INSPEÇÃO						ANTT	
				Identificação das Camadas do Pavimento						AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES	
RODOVIA:		BR - 153				Nº DO SERVIÇO:					
TRECHO:		FRONTEIRA A BR 060				SONDADOR:		José Reinaldo			
SENTIDO:		SUL				DATA:		12/05/2014			
Nº DO FURO	KM		POSIÇÃO	COORDENADAS		PROFUNDIDADE (cm)		ESPESSURAS (cm)	CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA		
	INT.	FRAC.		O	S	DE	A				
39	564	0	LE	49°12'55,8"	17°30'30,3"	0,0	10,0	10,00	Concreto Asfáltico		
						10,0	40,0	30,00	Solo Brita (Brita 3/8")		
						40,0	-	-	Argila (umidade 6,1%)		
Observações: TRECHO COM PISTA DUPLA											
RELATÓRIO FOTOGRÁFICO											

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

ANEXO C

ESCOPO DOS SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS NO PAVIMENTO

Figura C.1: Escopo dos serviços de recuperação e manutenção do pavimento

3.1.1 Pavimento	
Escopo Trabalhos Iniciais	1. Ações de correção de desnível entre duas faixas de tráfego contíguas. 2. Reparos localizados na pista, de natureza superficial e profunda, e fresagem. 3. Fresagem e recomposição de revestimento asfáltico nos subtrechos que apresentam IRI $\geq 4,0$ m/km. 4. Reparos localizados nos segmentos em que os acostamentos pavimentados encontram-se em más condições funcionais ou com alta frequência de defeitos. 5. Eliminação de degrau acentuado entre a pista de rolamento duplicada e o acostamento. 6. Serviços de melhoria das condições de conforto ao rolamento em segmentos críticos. 7. Solução de problemas de irregularidades localizados, contidos em segmentos que indiquem valores toleráveis, tais como abatimentos de pista causados por problemas geotécnicos ocorridos em terrenos de fundação de aterros, nas encostas adjacentes ou no próprio terrapleno. 8. Eliminar e prevenir a ocorrência de flechas nas trilhas de roda superiores ao valor limite estabelecido e de desnível superior ao valor admissível entre a faixa de tráfego e o acostamento ou entre duas faixas de tráfego contíguas, causado por recapeamentos diferenciados.
Escopo Recuperação	1. Execução dos reparos localizados necessários à recuperação do pavimento flexível, previamente à execução das obras de reforço do pavimento, em complemento ao tratamento iniciado nos Trabalhos Iniciais. 2. Reforço estrutural do pavimento flexível existente, com eventual reconstrução de segmentos cujo nível de deterioração, condições estruturais ou ambos não comportem o reforço do pavimento existente. 3. Recuperação ou recomposição dos acostamentos. 4. Recuperação de pavimento rígido, compreendendo substituição parcial ou total de placas danificadas, de acordo com os limites estabelecidos nos Parâmetros de Desempenho. 5. Definição dos tipos de revestimento a aplicar na pista de rolamento de tal forma que as condições de aderência pneu-pavimento sejam as melhores possíveis, de modo a não comprometer a segurança do usuário. 6. Eliminação de degrau entre a pista de rolamento e o acostamento.
Escopo Manutenção	1. Garantir frequência mínima de intervenções, utilizando técnicas que reduzam as interferências com o tráfego ao estritamente necessário. 2. Assegurar irregularidade mínima e compatível com as velocidades operacionais, a fim de minimizar a resposta dinâmica na interação veículo-pavimento, de acordo com as avaliações previstas. 3. Garantir atrito adequado, mesmo sob chuvas intensas, sem causar desgaste excessivo dos pneus. 4. As soluções técnicas para a manutenção deverão garantir vida de serviço superior a 5 anos a contar da conclusão das respectivas obras, e, no mínimo, até a próxima intervenção programada, de modo que o pavimento se mantenha em bom estado e com os critérios de aceitação relativos à deterioração de superfície plenamente atendidos.
Na tabela abaixo, marca-se com um "X" o prazo máximo para o atendimento completo do parâmetro indicado ou a indicação do próprio parâmetro a ser atendido no prazo fixado. Após o prazo máximo de atendimento do parâmetro, a Concessionária deverá manter o Parâmetro de Desempenho até o final da Concessão. Para Parâmetro de Desempenho com metas crescentes, a Concessionária deverá manter para os anos subsequentes o último indicador. Para as obras objeto da Frente de Ampliação de Capacidade e Manutenção de nível de serviço a Concessionária deverá manter desde a entrega, os parâmetros finais indicados na fase de Recuperação, bem como observar os parâmetros de Manutenção previstos, observadas eventuais previsões específicas de recebimento das obras.	

Fonte: Arquivo pessoal (2019)