

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DAS ÁREAS ACADÊMICAS III
CURSO DE BACHARELADO DE ENGENHARIA CIVIL

ALINE SANTOS DE BRITO

ESTUDO DE CASO:
REABILITAÇÃO ASFÁLTICA DA AVENIDA FELIPE CAMARÃO NO
BAIRRO GOIÁ EM GOIÂNIA

Goiânia, GO

JUNHO/2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

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: Aline Santos de Brito

Matrícula: 20181011050030

Título do Trabalho: Estudo de Caso: Reabilitação Auditiva da Avenida Felipe Camarão no Bairro Goiã em Goiânia

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

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:

- 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;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos 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;
- 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, 27 / 06 / 2023
Local Data

Aline Santos de Brito
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS

ALINE SANTOS DE BRITO

**ESTUDO DE CASO:
REABILITAÇÃO ASFÁLTICA DA AVENIDA FELIPE CAMARÃO NO
BAIRRO GOIÁ EM GOIÂNIA**

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

Orientador: Prof. Me. Ricardo Alves Cardoso

Goiânia, GO

JUNHO/2023

B77793e Brito, Aline Santos de.

Estudo de caso: reabilitação asfáltica da Avenida Felipe Camarão no Bairro Goiá em Goiânia / Aline Santos de Brito. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2023.
65 f.: il.

Orientador: Prof. Me. Ricardo Alves Cardoso.

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

1. Reabilitação asfáltica. 2. Pavimentação asfáltica. 3. Bairro Goiá. I. Cardoso, Ricardo Alves (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 625.8

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

Aline Santos de Brito

REABILITAÇÃO ASFÁLTICA DA AVENIDA FELIPE CAMARÃO EM GOIÂNIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Me. Ricardo Alves Cardoso (orientador), Me. Marcela Leão Domiciano, Dr. João Carlos de Oliveira.

Aprovado em 19 de Junho de 2023.

Documento assinado eletronicamente por:

- Marcela Leao Domiciano, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/06/2023 20:51:37.
- Ricardo Alves Cardoso, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/06/2023 20:43:05.
- Joao Carlos de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/06/2023 19:47:18.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEC, em 26/06/2023 19:42:14.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/06/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 424184
Código de Autenticação: 163e767303



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por tudo que Ele me proporcionou para que eu pudesse construir até o momento. Em segundo lugar, agradecer imensamente ao meu pai Paulo Cesar e a minha mãe Carmelita Dias que sempre se esforçaram ao máximo para que me concedessem a opção de sair da zona de conforto e atingir um salto grande como o primeiro diploma de graduação dessa família.

Agradeço ao Colégio da Polícia Militar do Estado de Goiás – Unidade Hugo de Carvalho Ramos pelos ensinamentos quanto a disciplina e sobre a realidade do mundo externo. Na época não imaginava tamanha influência desses ensinamentos dentro das minhas ações, hoje a reconheço e sou muito grata.

Um agradecimento especial a todos os professores que fizeram parte e com muita paciência contribuíram para o meu aprendizado durante a graduação, especialmente ao meu orientador Prof. Me. Ricardo Alves Cardoso, que sempre esteve à disposição para esclarecer qualquer dúvida e me tranquilizou em vários momentos atordoados.

Um agradecimento ao meu marido Yago Faustino que me apoiou em todos os momentos, e sempre me conduziu para enxergar o lado mais positivo dos desafios enfrentados.

Agradeço a todos da empresa Construservice, por terem me apresentado o universo da pavimentação. Agradeço todos os engenheiros, encarregados, técnicos, operadores e rasteleiros, que me ajudaram a superar o desafio da minha primeira experiência profissional.

RESUMO

Goiânia é uma cidade em pleno desenvolvimento industrial, residencial, administrativo e comercial, sendo a pavimentação asfáltica a principal técnica de cobertura do seu sistema viário. Entretanto, este tipo de infraestrutura carece de uma permanente conservação e manutenção. Nas últimas três décadas, a cidade passou por uma expansão urbana significativa construindo vários corredores viários com pavimentos asfálticos dando mobilidade e acessibilidade à população nos sentidos norte-sul e leste-oeste. Com a degradação promovida pelo tráfego e pela falta de manutenção, muitas avenidas, corredores de transportes e vias locais se tornam desconfortáveis para o trânsito da população, enfraquecendo a principal função dos pavimentos: garantir segurança e conforto nos deslocamentos dos condutores de veículos automotores. Dessa forma, nos anos correntes de 2020, 2021, 2022 e 2023 a cidade vem passando por um programa robusto de recuperação asfáltica de seu sistema viário. De acordo com este cenário, o presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo apresentar um estudo de caso da reabilitação asfáltica da avenida Felipe Camarão, localizada na região noroeste da cidade de Goiânia, via esta que funciona como via arterial do Bairro Goiá acolhendo comércios, igrejas e escolas importantes para o desenvolvimento do setor. Este estudo procurou discorrer sobre todas as fases da reconstrução do pavimento desta avenida, desde o projeto, a execução das soluções adotadas para a devida reabilitação e o estado atual da avenida após as execuções dos serviços.

Palavras-chave: Reabilitação Asfáltica, Bairro Goiá, Felipe Camarão.

ABSTRACT

Goiânia is a city undergoing industrial, residential, administrative and commercial development, with asphalt paving being the main covering technique for its road system. However, this type of infrastructure needs permanent conservation and maintenance. In the last three decades, the city has undergone significant urban expansion, building several road corridors with asphalt pavements, providing mobility and accessibility to the population in the north-south and east-west directions. With the degradation caused by traffic and lack of maintenance, many avenues, transport corridors and local roads become uncomfortable for the population, weakening the main function of pavements: to guarantee safety and comfort in the movements of motor vehicle drivers. Thus, in the current years of 2020, 2021, 2022 and 2023, the city has been undergoing a robust asphalt recovery program for its road system. According to this scenario, the present work of conclusion of course had as objective to present a case study of the asphaltic rehabilitation of Avenida Felipe Camarão, located in the northwest region of the city of Goiânia, via this that works as an arterial road of Bairro Goiá, hosting businesses , churches and schools important for the development of the sector. This study sought to discuss all phases of the reconstruction of the pavement of this avenue, from the project, the execution of the solutions adopted for proper rehabilitation and the current state of the avenue after the execution of the services.

Keywords: Asphalt Rehabilitation, Neighborhood Goiá, Felipe Shrimp.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Estrutura de um pavimento flexível	16
Figura 2	Estrutura de um pavimento rígido	16
Figura 3	Seção transversal de um pavimento	18
Figura 4	Trinca Isolada Transversal	20
Figura 5	Trinca Isolada Longitudinal	21
Figura 6	Trinca Interligada – Tipo Couro de Jacaré	22
Figura 7	Trinca Interligada – Tipo Bloco	22
Figura 8a	Afundamento plástico local e afundamento plástico de trilha de roda	23
Figura 8b	Afundamento plástico local e afundamento plástico de trilha de roda	23
Figura 9	Ondulações ou corrugações transversais na via	24
Figura 10	Escorregamento	24
Figura 11	Esxudação	25
Figura 12	Desgaste	26
Figura 13	Panela ou buraco	26
Figura 14	Execução de remendo superficial	27
Figura 15	Fresagem a frio sendo executada	35
Figura 16	Usina de asfalto marca Ticel	36
Figura 17	Rolo pneumático realizando compactação do CBUQ	38
Figura 18	Ilustração Solução 01	44
Figura 19	Ilustração Solução 02	45
Figura 20	Ilustração Solução 03	46
Figura 21	Projeto Felipe Camarão da Estaca 0 à Estaca 25	52
Figura 22	Projeto Felipe Camarão da Estaca 26 a 50	52
Figura 23	Projeto Felipe Camarão da Estaca 51 a 73+7,165	53
Figura 24	Trecho a ser executado	54
Figura 25	Fresagem com 6 centímetros sendo realizada	54
Figura 26	Fresagem feita na largura da pista entre as estacas 53 a 65	55
Figura 27	Gradeamento da base da Avenida Felipe Camarão	55
Figura 28	Descarga dos agregados	56
Figura 29	Espalhamento e nivelamento do material	56
Figura 30	Compactação da base estabilizada	57

Figura 31	Aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente	58
Figura 32	Fresagem de 3 cm na Avenida Felipe Camarão	58
Figura 33	Compactação do CBUQ da Avenida Felipe Camarão	59
Figura 34	Croqui patologias encontradas	60
Figura 35	Trinca Transversal – Estaca 45	60
Figura 36	Fissura – Estaca 55	61
Figura 37	Panela 1	61
Figura 38	Panela 2	61
Figura 39	Panela 3	61
Figura 40	Couro de Jacaré	62
Figura 41	Avenida Felipe Camarão – Estaca 10	63
Figura 42	Avenida Felipe Camarão – Estaca 73	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Níveis de serventia	29
Quadro 2	Avaliações do pavimento em função do IGG	30
Quadro 3	Avaliações quanto ao parâmetro ICPF	31
Quadro 4	Avaliações quanto ao parâmetro de resistência de derrapagem.	31
Quadro 5	Avaliação da macrotextura quanto à resistência à derrapagem	32
Quadro 6	Granulometria e percentuais CBUQ	37
Quadro 7	Determinação do número N	41
Quadro 8	Quadro resumos para identificação de patologias	43
Quadro 9	Resultado das deflexões obtidas na Avenida Felipe Camarão na faixa 1	47
Quadro 10	Resultado das deflexões obtidas na Avenida Felipe Camarão na faixa 2	48
Quadro 11	Perfil Geotécnico da via	48
Quadro 12	Irregularidades longitudinais na faixa 1 da Avenida Felipe Camarão	48
Quadro 13	Irregularidades longitudinais na faixa 2 da Avenida Felipe Camarão	50
Quadro 14	Definições das soluções de projeto - Avenida Felipe Camarão – faixa 1	51
Quadro 15	Definições das soluções de projeto - Avenida Felipe Camarão – faixa 2	51

LISTA DE SIGLAS

DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
CNT	Confederação Nacional de Transportes
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
PRO	Procedimento
TER	Terminologia
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
IRI	Índice de Irregularidades Internacional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa do tema.....	12
1.2	Objetivo geral	13
1.3	Objetivo específico.....	13
1.4	Estrutura do trabalho	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	O pavimento – conceitos e aspectos gerais	15
2.1.1	Classificação dos pavimentos.....	15
2.1.2	Estrutura do pavimento.....	17
2.2	A degradação dos pavimentos	19
2.2.1	Especificações dos defeitos	20
2.2.1.1	Fenda.	20
2.2.1.2	Afundamento	22
2.2.1.3	Ondulação ou corrugação	23
2.2.1.4	Escorregamento	24
2.2.1.5	Exsudação.....	25
2.2.1.6	Desgaste.....	25
2.2.1.8	Remendo.....	27
2.2.2	Mecanismos de degradação.....	27
2.3	Avaliação das condições do pavimento.....	28
2.3.1	Condições de serventia.....	29
2.3.2	Condições estruturais.....	29
2.3.3	Solicitações do tráfego	30
2.3.4	Condições de superfície.....	30
2.3.5	Condições de aderência pneu-pavimento	31
2.4	Técnicas de restauração e reconstrução	32
2.4.1	Fresagem a frio de pavimentos betuminosos.....	34
2.4.2	Aplicação de concreto betuminoso usinado a quente	35
3	METODOLOGIA.....	39
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	40
4.1	Projeto de reabilitação da Avenida Felipe Camarão em Goiânia.....	40
4.2	Execução da reabilitação asfáltica da Avenida Felipe Camarão.....	53
4.3	Condições atuais da Avenida Felipe Camarão.....	59

5 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

O transporte eficiente de bens, materiais, alimentos e pessoas interfere diretamente no desenvolvimento e na cadeia produtiva nacional no Brasil. O país transporta por rodovias cerca de 65,0% das cargas e 95% dos passageiros. Sendo assim, o modal de transporte rodoviário desempenha um papel importante na sociedade e para a economia brasileira, pois tem sido a principal alternativa para a circulação de mercadorias e pessoas em todo o país. (CNT, 2022)

A base para esse modal de transporte é o pavimento, que influencia rigorosamente para que o traslado seja eficaz como a economia necessita. Torna-se necessário que o pavimento esteja em boas condições, oferecendo conforto e segurança para os usuários. Entretanto, percorrendo as vias que interligam os estados e cidades, é visto que os investimentos para conservação e construção dessa infraestrutura são insuficientes. (BALBO, 2007)

Dessa forma, para o correspondente rendimento da função do pavimento, configura-se indispensável a execução de tratamentos de recuperação da malha viária, utilizando de um conjunto de técnicas desenvolvidas e fluxo constante de recursos financeiros, já que todos os componentes de uma obra de infraestrutura viária acarretam altos valores.

Para a CNT (2022), dos 7.658 quilômetros de rodovias avaliados quanto ao pavimento em Goiás, cerca de 50,5% desses foram classificados como péssimo, ruim ou regular. Sabendo que grande parte dos pavimentos implantados se encontra com inúmeros defeitos e patologias, na Avenida Felipe Camarão no Bairro Goiá, em Goiânia, não é diferente.

A Avenida Felipe Camarão é uma via arterial importante para o desenvolvimento do Bairro Goiá e toda a região noroeste de Goiânia. O Bairro Goiá é um dos mais antigos da cidade, com data de criação na década de 1950. Com esse agravante, e há uma deterioração do pavimento em toda a extensão da avenida é robusta e gera desconforto e insegurança aos usuários que necessitam da via para as suas atividades cotidianas. Para uma cidade como Goiânia em crescente desenvolvimento industrial e outros serviços, faz-se mais do que necessário que suas importantes vias de transportes estejam com o pavimento dentro das condições estruturais e funcionais para garantir segurança e conforto para os usuários.

1.1 Justificativa do tema

Sabendo que o projeto de manutenção asfáltica de Goiânia é falho e ocorre apenas quando a vida útil do pavimento já está perdida, foi empenhado pela Prefeitura de Goiânia

através da secretária de infraestrutura da cidade o projeto de reabilitação asfáltica da avenida Felipe Camarão. Faz-se necessário analisar se as soluções propostas irão efetivar a total recuperação das camadas do pavimento, de forma que a qualidade da infraestrutura da avenida seja prolongada, já que os investimentos públicos são altos. Além do mais, a execução da obra causará transtornos para toda a população lindeira à via, sendo indispensável que o projeto confie aos usuários, todos os benefícios que a população deseja neste corredor viário, conforto e segurança na sua operação.

1.2 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso da reabilitação asfáltica da avenida Felipe Camarão, levando em consideração os dados levantados para a execução do projeto e as atuais condições da avenida.

1.3 Objetivos específicos

Especificamente, objetiva-se:

- Analisar o projeto com os dados geométricos e geotécnicos levantados
- Conhecer as soluções de projeto para a reabilitação plena da via.
- Acompanhar a execução dos serviços com análise crítica e construtiva
- Avaliar o desempenho da via após a execução da reabilitação.

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 gerais e específicos, além da sua estrutura textual.

No Capítulo 2, Revisão da Literatura, estão descritas a definição de pavimento, e a elucidação dos tipos de pavimentos e as camadas que compõem o mesmo. Aborda-se também sobre o diagnóstico de defeitos, e avaliação funcional de um pavimento flexível. Além da explanação das normas quanto a restauração dos pavimentos, com ênfase nas técnicas de aplicação de concreto betuminoso usinado a quente e fresagem a frio.

No Capítulo 3, Metodologia, constam os critérios para pesquisa de toda a literatura e a seleção para a escolha de material para a revisão da literatura, em seguida discorre-se acerca dos procedimentos tomados para então alcançar os objetivos geral e específicos almejados.

No Capítulo 4, Apresentação e Análise dos Dados Obtidos, neste capítulo são apresentados o projeto da Avenida Felipe Camarão, os dados e as decisões para a execução da Avenida, em seguida um relatório fotográfico onde se retrata as condições atuais da via.

No Capítulo 5, Conclusão, neste capítulo é apresentada a conclusão do trabalho, levando em consideração todos os aspectos apresentados e os objetivos desejados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O pavimento – conceitos e aspectos gerais

De acordo com Bernucci *et al.* (2010), o pavimento é uma estrutura de variadas camadas e de determinadas espessuras, construída sobre a superfície final de terraplanagem. A sua execução é preparada tecnicamente e economicamente para resistir os esforços oriundos do tráfego de veículos e a variação do clima. O objetivo principal do pavimento é propiciar aos usuários comodidade, economia e segurança.

Já o Departamento Nacional Infraestrutura de Transporte, DNIT (2006a), explica que o pavimento de uma rodovia é a superestrutura composta por um conjunto de camadas com espessuras finitas, apoiada sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito, designada subleito.

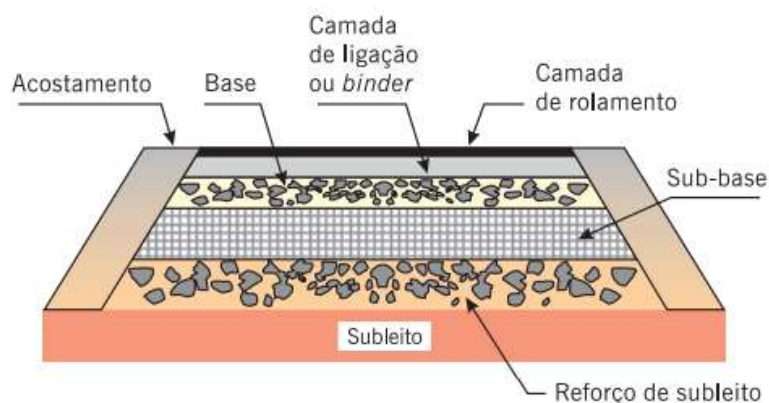
Portanto, pode-se determinar que o pavimento tem o dever de cumprir as seguintes funções: receber e resistir os esforços verticais advindos do tráfego, suportar os esforços horizontais e melhorar as condições de rolamento quanto à segurança e ao conforto.

2.1.1 Classificação dos pavimentos

O Manual de Pavimentação do DNIT-IPR-710 (2006a), relaciona os pavimentos como: flexível, semirrígido e rígido.

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que sofrem deformação elástica em toda a sua extensão e suas camadas distribui a carga em parcelas equivalentes. Um exemplo típico de pavimento flexível é constituído por um revestimento betuminoso apoiado sobre camadas granulares. Recentemente, existe a tendência de denominar esses pavimentos como pavimentos asfálticos, segundo Bernucci *et al.* (2010). Na Figura 1, contém o corte transversal de uma das configurações possíveis de estrutura de um pavimento flexível.

Figura 1 - Estrutura de um pavimento flexível

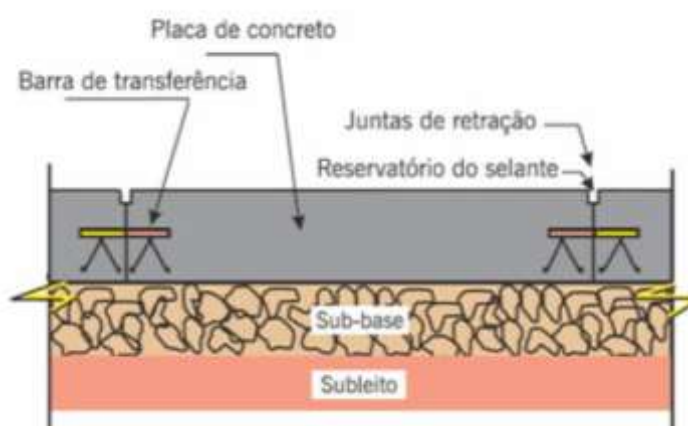


Fonte: Bernucci *et al.*, 2010

Já os pavimentos semirrígidos, caracteriza-se por uma base cimentada com algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, um tratamento de base com uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

Por fim, os pavimentos rígidos possuem uma camada de revestimento com elevada rigidez em relação às camadas inferiores, absorvendo assim praticamente todas as tensões provenientes do carregamento. Denominado, atualmente, de pavimento de concreto-cimento, sua espessura depende da resistência á flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes. Na Figura 2, contém um corte trasnversal de um exemplo de estrutura de um pavimento rígido.

Figura 2 - Estrutura de um pavimento rígido



Fonte: Bernucci *et al.*, 2010

2.1.2 Estrutura do pavimento

Os pavimentos em geral possuem camadas que auxiliam na distribuição das cargas advindas dos esforços solicitantes dos veículos, porém cada tipo de pavimento contém características específicas para cada camada. Como este trabalho se trata de um estudo sobre o pavimento asfáltico, será explanado a seguir as camadas e suas particularidades de um pavimento asfáltico. A Figura 3 mostra a seção transversal de um pavimento asfáltico.

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), a primeira camada a ser considerada para pavimentação é o subleito, onde essa camada é o terreno de fundação. Esta é uma das camadas mais exigidas em relação à transmissão de esforços do tráfego ao solo, por se tratar de ser a primeira e onde todo o pavimento estará apoiado. A regularização de subleito deve ter espessura máxima de 20 cm. (DNIT, 2010)

O reforço do subleito é a camada subsequente, onde o solo selecionado é constituído de um solo escolhido por projeto, proveniente de jazidas ou empréstimos. Executada sobre o subleito, seu objetivo é melhorar a capacidade estrutural do pavimento, de acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem, (2006a).

A sub-base é a camada que fica acima do subleito, ou do reforço do subleito com a função de complementar a base, quando esta por razões técnicas e econômicas não for aconselhável construir diretamente sobre o a regularização.

A base é encarregada de oferecer suporte estrutural do pavimento, além de dissipar as cargas para as próximas camadas, diminuindo impacto. É a principal camada do pavimento, deve ser executada com perfeição. De acordo com o DER (2006b), pode ser constituída por matérias granulares como pedregulhos, cascalhos e produtos de britagem, estabilizados com a adição de cimento ou material asfáltico.

A base pode ser classificada como granulares ou estabilizadas. Caso seja optado pela por ser executada uma base granular pode ser utilizar as seguintes técnicas:

- Estabilização granulométrica inserir foto e dar destaque: caracterizada por ser flexível e são compactadas com uma granulometria apropriada. O material utilizado pode ser natural quando obtido através de jazidas (de cascalho, saibros e entre outros) ou aquele que é misturado com o material natural e pedra britada formando as bases solo-brita e base de solo-brita graduada. O material

adicionado e espalhado deve ser homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora (DNIT, 2010).

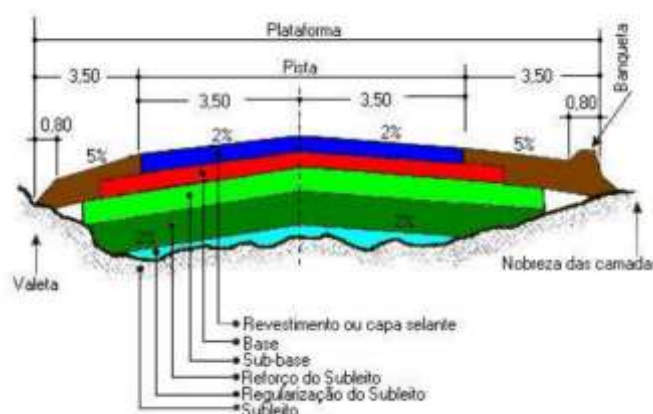
- Macadames Hidráulico e Seco: consiste em uma camada de brita de graduação aberta de tipo especial que, após a compactação, tem os vazios preenchidos pelo material de enchimento, constituído por finos de britagem, pó de brita, ou mesmo por solos de granulometria e plasticidade apropriadas.

O outro modelo de base é do tipo estabilizada é utilizado aditivos para conseguir a resistência esperada da camada, segue abaixo as técnicas para a obtenção desse modelo:

- Solo-cimento: é a mistura do solo, cimento Portland e água. O resultado esperado é um material duro, cimentado e de acentuada rigidez à flexão. O teor de cimento utilizado é da ordem de 6% a 10%.
- Solo melhorado com cimento: é um solo cimento com o teor de cimento menor, com os valores de 2% a 4%.
- Solo-cal: é uma mistura de solo, cal e água, e as vezes, um perfil de pozolona artificial. O teor de cal mais frequente é de 5% a 6%. O processo de estabilização ocorre da seguinte maneira: modificação do solo, no que refere à sua plasticidade e sensibilidade à água, a carbonatação e a pozolanização. Quando utilizado os dois últimos, obtém-se uma estrutura considerada semirrígida.

O revestimento asfáltico é a última camada do pavimento, sofre a ação direta do tráfego cuja função é transmitir essa ação para as camadas inferiores. É o responsável por melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança. Deve ser resistente ao desgaste e possui a responsabilidade de impermeabilizar o pavimento. Segue abaixo na Figura 3 a seção transversal de um pavimento.

Figura 3 – Seção transversal de um pavimento



Fonte: DNIT, 2006.

2.2 A degradação dos pavimentos

O pavimento é formado por materiais que com o decorrer da sua vida útil podem sofrer avarias, causados por agentes ambientais, excesso de carga não previsto em alguns veículos, pelo mal compatibilização dos materiais utilizados e também, por falhas no dimensionamento do pavimento no desenvolvimento do projeto. Consequentemente, essas avarias impactam negativamente nas características funcionais do pavimento, podendo invalidar também as características estruturais para o qual foi dimensionado.

O conforto dos usuários ao percorrer o pavimento é o principal ponto de avaliação quanto as condições da superfície do mesmo, sendo evidente as patologias e irregularidades da via. Tais patologias, prejudicam as condições de funcionamento do veículo, aumentando os custos de manutenção do veículo, quantidade de gasolina utilizada por viagem, a frequência da troca de pneus também é alterada. Sendo assim, além do incomodo gerado pelas más condições dos pavimentos, também é afetado o custo dos usuários quanto a trafegabilidade do pavimento. Dessa forma, para melhorar as condições da superfície, é necessário o estudo quanto aos tipos de defeitos apresentados, visando o embasamento teórico para os diagnósticos dessas patologias, e também a elaboração da melhor forma de recuperação do pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2008).

De acordo com a norma DNIT 005/2003 define as terminologias utilizadas no país para esses defeitos da seguinte forma: fendas, afundamentos, ondulação ou corrugação, panela ou

buraco, escorregamento, exsudação, desgaste ou remendo. A seguir serão descritas as definições objetivadas pelo DNIT, e suas prováveis causas.

2.2.1 Especificações dos defeitos

2.2.1.1 Fenda

Segundo o DNIT 005/2003, as fendas são aberturas na superfície do pavimento que podem ser divididas de acordo com o seu porte e a forma apresentada.

As fendas são divididas quanto à tipologia em:

- a) Fissura: são entendidas como uma fenda existente no revestimento que pode ser vista a olho nu a distâncias inferiores a 1,5 metros, podendo ser longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, e se tem por característica principal não causar problemas funcionais ao revestimento;
- b) Trinca: são entendidas como uma fenda com abertura superior à da fissura e de fácil visualização, divide-se em Trinca Isolada ou Trinca Interligada.

A Trinca Isolada pode ser transversal que surge com direção predominantemente ortogonal ao eixo da via, se sua extensão é inferior a 100 cm. Podem ser causadas pela reflexão de juntas ou trincas nas camadas inferiores, devido à movimentação térmica e/ou cargas do tráfego, ou pela retração da própria camada asfáltica (SILVA, 2008). Na figura 4, pode-se observar exemplos de Trincas Isoladas Transversais.

Figura 4 – Trinca isolada transversal



Fonte: DNIT, 2003a.

Já a Trinca Isolada longitudinal é a trinca que surge com direção predominantemente paralela ao eixo da via, pode ser curta (com até 100 centímetros) ou longa (acima de 100 centímetros). As possíveis causas, no caso das curtas podem ser por falhas na execução, na temperatura de compactação, na dosagem da mistura, ou pelo envelhecimento do ligante asfáltico. E quando longas, podem ser causadas por recalques diferenciais e por falha de juntas longitudinais de diferentes frentes de compactação (BERNUCCI *et al*, 2008). Na figura 5, observa-se exemplo de Trinca Isolada Longitudinal.

Figura 5 – Trinca isolada longitudinal



Fonte: DNIT, 2003a.

A Trinca Interligada do tipo “Couro de Jacaré”, (Figura 6), configura-se como um conjunto de trincas, sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré (como são popularmente chamadas), pode apresentar erosão acentuada nas bordas. Podem ser causadas pela reflexão de trincas preexistentes, e sob a ação de cargas de tráfego em repetição (fadiga), ação térmica, envelhecimento do ligante, compactação deficiente do revestimento, deficiência no teor do ligante asfáltico, subdimensionamento, rigidez excessiva do revestimento, recalques diferenciais e entre outros (BERNUNCCI **et al.**, 2008).

Figura 6 – Trinca Interligada – Tipo Couro de Jacaré



Fonte: DNIT, 2003a.

A Trinca Interligada do tipo “Bloco”, (Figura 7), são um conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo apresentar erosão acentuada nas bordas. Podem ser causadas pela retração do revestimento asfáltico devido a variações diárias de temperatura, levando a um significativo endurecimento (SILVA, 2008).

Figura 7 – Trinca Interligada – Tipo Bloco



Fonte: DNIT, 2003a.

2.2.1.2 Afundamento

É uma deformação permanente que causa uma depressão na superfície do pavimento, pode dividir-se em:

- Afundamento plástico: causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando sua extensão atinge até 6

metros, é chamado afundamento plástico local, e quando superior a 6 metros é conhecido com afundamento plástico da trilha de roda;

- Afundamento de consolidação: apresenta o mesmo conceito do afundamento plástico, entretanto não tem por característica o sollevamento.

As Figuras 8a e 8b, mostram essas patologias.

Figuras 8a e 8b– Afundamento plástico local e afundamento plástico de trilha de roda



Fonte: DNIT, 2003a.

2.2.1.3 Ondulação ou corrugação

É uma patologia caracterizada pelo aparecimento de ondulações de ondulações ou corrugações transversais, de caráter plástico e permanente, no revestimento asfáltico. Pode ser motivada pela instabilidade na mistura betuminosa do revestimento ou da base, pelo excesso de umidade das camadas subjacentes, contaminação da mistura por materiais estranhos e retenção de água na mistura asfáltica.

Figura 9 – Ondulações ou corrugações transversais na via



Fonte: DNIT, 2003a.

2.2.1.4 Escorregamento

Caracterizado pelo deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, causado por esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos (frenagem e aceleração). Essa falha pode ser motivada pelos seguintes motivos: ligação inadequada entre revestimento e camada subjacente, inércia limitada do revestimento em virtude de espessura reduzida, compactação deficiente, fluência plástica em decorrência de temperaturas elevadas, (Figura 10).

Figura 10 – Escorregamento



Fonte: DNIT, 2003a.

2.2.1.5 Exsudação

É um excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento proveniente da migração deste através do revestimento, (Figura 11). Forma-se uma película de material betuminoso na superfície do pavimento gerando manchas em variadas dimensões. Este defeito é causado justamete pelo excesso de material utilizado na imprimação ou impermeabilização, além da dosagem inadequada da mistura asfáltica, acarretado um teor excessivo e ligante ou índice de vazão muito baixo. A temperatura do ligante influencia também nesse defeito.

Figura 11 – Exsudação



Fonte: DNIT, 2003a.

2.2.1.6 Desgaste

É a perda de agregados ou argamassa fina do que formam o revestimento asfáltico, (Figura 12). Caracterizado pela aspereza da superfície anormal do pavimento, com a perda do envolvimento betuminoso e arracamento progressivo dos agregados, devido aos esforços tangenciais causados pelo tráfego.

Figura 12 – Desgaste



Fonte: DNIT, 2003a.

2.2.1.7 Panela ou buraco

São cavidades formadas inicialmente no revestimento do pavimento que possuem dimensões e profundidades variadas, (Figura 13). Esse defeito prejudica o pavimento estruturalmente, pois permite o acesso as águas superficiais ao interior do pavimento. Além, do ponto funcional já que essas irregularidades longitudinais prejudicam o conforto do usuário. De acordo com o DNIT (2003), as painelas são causadas pela falta de aderência entre as camadas superpostas. Já Bernucci *et al.* (2008), considera que as painelas sejam uma evolução das trincas interligadas sob a ação do tráfego e de intempéries.

Figura 13 – Panela ou buraco



Fonte: DNIT, 2003a.

2.2.1.8 Remendo

Esse defeito é considerado em outras normas como uma técnica de conservação do pavimento, mas o DNIT (2003), enfatiza que o preenchimento de panelas com uma ou mais camadas de pavimento é considerado um defeito por refletir um mau estado da estrutura original e por influenciar na irregularidade da via. Podendo variar entre Remendo Superficial, onde apenas o revestimento foi afetado, e o Remendo Profundo, quando as camadas inferiores da estruturas também são recompostas. A Figura 14 mostra a execução de um remendo superficial.

Figura 14 – Execução de remendo superficial



Fonte: Autor (2021)

2.2.2 Mecanismos de degradação

Compreender os mecanismos de degradação pelos quais os defeitos surgem é crucial importância no dimensionamento de pavimentos. De acordo com Balbo (2007), a ruptura resistência dos materiais constituintes é um efeito mecânico, então quando a carga imposta

sobre o pavimento é superior àquela que os materiais das camadas responsáveis pela distribuição desta carga resistem é ocasionado a ruptura imediata da camada afetada.

Além desse mecanismo, é citada a ruptura em danificação por fadiga que é quando a carga imposta é compatível com a carga da resistência dos materiais, porém a repetição desta carga provoca pequenas deformações em suas estruturas internas e vão perdendo com o tempo suas características funcionais. Consequentemente, ocorre o desenvolvimento de microfissurações que originam na fratura do material e, na ruptura.

A deformação plástica as camadas é um mecanismo de ruptura que acontece em situações de fluxo constante de veículos pesados canalizados em uma faixa da via (normalmente, a da esquerda). É o responsável por causar 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 (BALBO, 2007).

Um mecanismo de degradação importante, é a ruptura pela propagação de fissuras. Dá-se após a fissuração na camada subjacente ao revestimento, sendo esta de mistura asfáltica ou cimentada, o que gera uma diferença de tensões e consequentemente fissurações no revestimento.

Há, também, a ruptura pela oxidação dos asfaltos dos revestimentos. Ocorre quando o asfalto do revestimento asfáltico sofre alterações químicas ao entrar em contato com lubrificantes ou combustíveis dos veículos que trafegam sobre o pavimento. Este efeito gera o aumento da viscosidade, perda da elasticidade e aumento da fragilidade do material asfáltico, ou seja, a funcionalidade do asfalto empregada e proposta é invalidada.

2.3 Avaliação das condições do pavimento

O conforto, como dito no item acima, é uma das formas de avaliar a condição do pavimento. Além do conforto, é necessário estudar às condições de integridade da estrutura do pavimento e a segurança do usuário ao trafegar na via. O Manual de Restauração de Pavimentos Asfáltico do DNIT (2006), divide os tipos de desempenhos esperados do pavimento em:

- a) Desempenho Funcional: impactado diretamente pelo índice de Valor de Serventia Atual (VSA), é a irregularidade longitudinal que tem como conceito o desvio da

superfície do pavimento em relação ao plano de referência, consumando a dinâmica dos veículos, a qualidade ao rolamento e as cargas sobre a via.

- b) Desempenho Estrutural: A maneira mais utilizada para avaliar tal desempenho é através dos ensaios deflectométricos, 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 diagnosticado.
- c) Desempenho Quanto à Segurança: características do pavimento que podem proporcionar riscos aos usuários. A resistência à derrapagem e o potencial de hidroplanagem são duas características principais desse desempenho.

O DNIT (2006) determina pontos de referência para, então, avaliar o pavimento através de índices mensuráveis. Esses pontos são: as condições de superfície, condições estruturais, solicitações de tráfego e as condições de aderência pneu – pavimento.

2.3.1 Condições de serventia

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), para avaliar um pavimento quanto a sua funcionalidade deve-se relacionar à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento. Para avaliar esse conforto é usado o valor chamando serventia, ou como é denominado no Brasil, o VSA. Este valor é uma atribuição numérica em que qualifica o pavimento em uma escala de 0 a 5 dada pela média das notas e avaliadores para o conforto do pavimento em um determinado trecho e momento da vida dele. Segue abaixo a classificações do VSA, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Níveis de serventia.

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

Fonte: Bernucci *et al.*, 2008.

2.3.2 Condições estruturais

Podendo ser avaliadas através análises obtidas em ensaios dos materiais do pavimento no local, de forma não destrutiva, ou em laboratório que já tem atribuição destrutiva.

Os ensaios não destrutivos logram indicar iniciais análises quanto ao comprometimento estrutural do pavimento, sendo estes a existência de mais de 20% de área afetada por trincamento ocorrida de fadiga ou a existência de afundamento de trilha de roda com profundidade superior a 1,2 cm. Ademais, um parâmetro de super importância em se tratando de ensaios não destrutivos é a avaliação das deformações elásticas ou permanentes, pois é um parâmetro de resposta simples e confiável, pela razão de aparelhagem utilizada para o ensaio.

Os ensaios destrutivos consiste da abertura de furos no pavimento para a execução do método de sondagem para a indentificação da natureza, das espessuras das camadas do pavimento e também com essa amostra são realizados ensaios para entender quanto a camada do solo e de seus materiais granulares sobre o módulo de resiliência, determinação de umidade e densidade.

2.3.3 Solicitações do tráfego

Como as solicitações de tráfego estão inteligidas com a degradação precoce do pavimento, esta avaliação é de suma importância para avaliação do pavimento. O aumento dos valores de cargas para quais o pavimento foi projetado é motivado pela desatualização dos valores de carga dos veículos de transporte ou pela desatualização dos valores de projeção do Volume Médio Diário do tráfego para os anos de vida útil do pavimento.

2.3.4 Condições de superfície

Índice de Gravidade Global (IGG) é um índice que combina várias falhas e permite classificar um trecho homogêneo de pavimento, em razão da ocorrência dos defeitos de superfície, de acordo com a norma DNIT 006/2003 – PRO. Esse índice mede as profundidades dos afundamentos nas trilhas de roda e causados por outros defeitos. O cálculo é mensurado de forma que cada defeito tenha peso proporcional ao quão ele impacta nas condições de superfície do pavimento, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Avaliações do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT, 2006b.

Índice da Condição do Pavimento Flexível (ICPF), parâmetros abordados pela norma DNIT 008/2003. Segue abaixo um quadro ilustrando os conceitos do ICPF, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Avaliações quanto ao parâmetro ICPF

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

Fonte: DNIT, 2006.

2.3.5 condições de aderência pneu-pavimento

Essas condições podem ser avaliadas através dos seguintes valores (DNIT,2006):

- Valor de Resistência à Derrapagem (VRD) é obtido através do ensaio de que mensura o grau de escorregamento utilizando o Pêndulo Britânico. Com ele, é possível simular os pneus dos veículos de averiguar a perda de energia devido à fricção entre borracha e a superfície do pavimento, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Avaliações quanto ao parâmetro de resistência de derrapagem.

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:** valor obtido através do ensaio da macha de areia. O presente ensaio analisa a macrotextura da superfície do pavimento, quanto a densidade dos grãos individuais aflorados na superfície, o que caracteriza a relação da capacidade do revestimento drenar a água confinada entre o pneu e o pavimento, conforme Quadro 5.

Quadro 5 – Avaliação da macrotextura quanto à 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.

2.4 Técnicas de restauração e reconstrução

Em seu Manual de Conservação Rodoviária (2005), o DNIT conceitua que a conservação rodoviária são um conjunto de procedimentos rotineiros, periódicos e de emergência. Sendo realizadas com o propósito de manter as características técnicas e físico-

operacionais do sistema rodoviário e das instalações fixas. Dessa forma, o DNIT-IPR-710 separa a conservação em 5 grupo com multitarefas, sendo eles:

a) Conservação corretiva rotineira

São as atividades de conservação propostas para reparar um problema existente afim de restabelecer as condições de conforto de rolamento. As principais operações executadas em pavimentos são:

- Selagem de trincas, sendo a aplicação de material asfáltico sobre trincas e fissuras existentes no pavimento para impermeabilizar os possíveis pontos de infiltrações de água nas camadas inferiores;
- Tapa Buraco, sendo os reparos executados em buracos existentes no pavimento a fim de evitar o progresso dessas patologias;
- Remendo Profundo, sendo a remoção da base com defeito e a substituição da mesma com melhoramento para as condições de suporte.

b) Conservação preventiva periódica

São as atividades de conservação realizadas periodicamente que têm o prol de evitar o surgimento ou a evolução de defeitos, de forma preventiva. A frequência dessas atividades depende das características de tráfego, topografia e clima. As principais operações executadas em pavimentos são:

- Capa selante com pedrisco sendo a aplicação de material betuminoso e de agregado com o intuito de reparar os revestimentos defeituosos com trincas e fissuras;
- Lama asfáltica fina sendo a aplicação de agregado miúdo (filler), emulsão asfáltica e água, formando uma mistura fluída;
- Fresagem sendo o recorte de parte da superfície do pavimento, substituindo por outra com características melhoradas;
- Microrrevestimento de pré-mistura a frio como sendo a aplicação de um modelo de lama asfáltica, porém as emulsões asfálticas utilizadas contem polímero e algum aditivo necessário.
- Concreto Betuminoso usinado a quente como sendo uma mistura usinada de agregado, filler e cimento asfáltico de petróleo. Este material é espalhado e após isso comprimido a quente sobre a superfície a ser conservada.

c) Conservação de emergência

São as atividades propostas para reparar, reconstruir ou restaurar o pavimento que tenha sido danificado por alguma interferência não prevista e que cause a paralisação do tráfego.

d) Melhoramento

São as atividades que adicionem alguma característica nova ou altera as existentes da rodovia em prol do melhoramento.

e) Restauração

São as atividades propostas para restaurar completamente as características técnicas originais do pavimento, para então prolongar sua vida útil e ajusta-se para as condições de tráfego.

2.4.1 Fresagem a frio de pavimentos betuminosos

Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem (2006c), a fresagem a frio se baseia no corte de uma ou mais camadas asfálticas por meio de processo mecânico a frio. Esse processo se procede com cortes contínuos seguida da elevação do material fresado para um caminhão basculante para ser destinado em um bota-fora ou para recuperação de pavimentos utilizando esse próprio material fresado.

A execução da fresagem tem como objetivo a retirada da camada desse pavimento betuminoso para a execução de uma nova camada do pavimento asfáltico. Em áreas onde são incidentes remendos em mau estado, panelas, corrugações e grande quantidade de trincas, a fresagem segue como operação bem recomendada para a restauração do pavimento. A Figura 15 mostra uma fresadora em operação.

Figura 15 - Fresagem a frio sendo executada



Fonte: Autor, 2023.

De acordo com o DNIT (2011), a rugosidade presente na pista definirá qual o tipo de fresagem a ser utilizada. Os tipos de fresagem são:

- Fresagem padrão: com espaçamento de 15 mm, aproximadamente, entre os dentes do corte;
- Fresagem fina: com espaçamento de 8 mm, aproximadamente, entre os dentes do corte;
- Microfresagem: espaçamento de 2 a 3 mm entre os dentes do corte.

2.4.2 Aplicação de concreto betuminoso usinado a quente

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) se define como uma mistura de agregados graduados, cimento asfáltico e se necessário, um material de enchimento que se denomina filler. Essa mistura é feita sobre altas temperaturas e em uma usina apropriada para as condições de preparação de material. Segue a Figura 16 de uma usina de asfalto da marca Tichel.

Figura 16 - Usina de asfalto marca Tichel



Fonte: Autor, 2021.

Por ser um material com temperaturas de execução, transporte e aplicação específicas, sua fabricação não é permitida quando a temperatura ambiente for menor que 10°C, de acordo com o DNIT-031-ES (2006).

O cimento asfáltico é um ligante betuminoso que provém do petróleo que tem como principais características de ser impermeável a água e com pouca reatividade (BERNUCCI, 2008, p.41). Existem três tipos de cimentos asfálticos: o CAP 30/45, o CAP 50/70 e o CAP 85/100. E ainda existem os cimentos asfálticos modificados, que contém a adição em sua fórmula de polímeros elastômeros, que são os tipos: CAP 55/75E, CAP 60/85E e CAP 65/90E, de acordo com DNIT-129-EM (2011).

Além do mais, a composição dos agregados da mistura deve obedecer ao Quadro 6, onde detalha a granulometria e os percentuais de ligante asfáltico.

Quadro 6 - Granulometria e percentuais do CBUQ

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando			
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias
2"	50,8	100	-	-	-
1 1/2"	38,1	95 - 100	100	-	± 7%
1"	25,4	75 - 100	95 - 100	-	± 7%
3/4"	19,1	60 - 90	80 - 100	100	± 7%
1/2"	12,7	-	-	80 - 100	± 7%
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	70 - 90	± 7%
Nº 4	4,8	25 - 50	28 - 60	44 - 72	± 5%
Nº 10	2,0	20 - 40	20 - 45	22 - 50	± 5%
Nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	8 - 26	± 5%
Nº 80	0,18	5 - 20	8 - 20	4 - 16	± 3%
Nº 200	0,075	1 - 8	3 - 8	2 - 10	± 2%
Asfalto solúvel no CS2(+) (%)		4,0 - 7,0 Camada de ligação (Binder)	4,5 - 7,5 Camada de ligação e rolamento	4,5 - 9,0 Camada de rolamento	± 0,3%

Fonte: DNIT, 2006.

É necessário citar, que a mistura asfáltica trabalha entre três faixas de granulometria. A faixa A, B e C. Conferindo melhor a faixa C, denominada camada de rolamento, é aquela utilizada na camada superior da estrutura destinada a receber diretamente a ação do tráfego. Espera-se que a mistura seja estável e com flexibilidade compatível com o funcionamento elástico da estrutura e com condições de rugosidade que proporcionem segurança ao tráfego.

Quanto a execução do serviço, primeiro deve ser feita uma pintura de ligação utilizando emulsões asfálticas. Logo após com a utilizando de distribuidores próprios, as acabadoras espalham a mistura asfáltica nivelada. Depois, é dada iniciada a compactação, utilizando rolos pneumáticos e o metálico liso, com o objetivo de comprimir a mistura para atender a densidade de projeto. Segue a Figura 17 demonstrando como é realizada a compactação com rolo pneumático.

Figura 17 - Rolo pneumático realizando compactação do CBUQ



Fonte: Autor, 2023.

Por fim, para a liberação do tráfego, deve-se esperar o resfriamento completo da via e também proceder a sinalização viária necessária.

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos geral e específicos desse trabalho, a metodologia utilizada foi constituída das seguintes etapas:

Na primeira etapa do trabalho, buscou-se o máximo de informações correntes sobre o assunto, em livros, dissertações, artigos, trabalhos acadêmicos, monografias de pesquisas já realizadas, normas, revistas e outros. As pesquisas foram iniciadas em agosto de 2022 e foram constantes em todo o segundo semestre letivo. Em seguida, elaborou-se o referencial teórico do trabalho proposto, constante do Capítulo 2.

Na segunda etapa do trabalho, no Capítulo 4, item 4.1, buscou-se apresentar o respectivo projeto de reabilitação da Avenida Felipe Camarão, com as suas considerações para a execução, onde é informado o perfil geotécnico e o levantamento das patologias para a constatação da melhor solução para a completa reabilitação. O projeto foi apresentado com algumas alterações para melhor visualização das soluções.

Em seguida, no Capítulo 4, item 4.2, é relatada sobre a execução dos serviços para, assim, analisar se a solução adotada de projeto foi seguida. Além do mais, foi feito uma análise crítica se os procedimentos feitos pela executora seguem o Manual de Restauração do DNIT (2006). Foram feitas fotografias da execução que ocorreu no período de 27 de abril de 2021 a 05 de maio de 2021. Com isso, foi apresentado um detalhamento da execução com as datas, ordem dos processos seguidos e quais materiais utilizados.

Neste ano de 2023, foram feitas visitas à Avenida Felipe Camarão após cerca de dois anos decorridos da execução dos serviços. Com a realização das visitas, foi providenciado um relatório fotográfico atual da avenida. Foi executado um levantamento da existência das patologias e organizado em um croqui no Google Earth demonstrando onde essas patologias se localizavam.

Por fim, é analisado se o projeto de reabilitação asfáltica foi executado dentro das normativas do Manual de Restauração do DNIT (2006), e se as condições atuais da avenida atendem a necessidade da sociedade em volta, com relação ao tráfego de veículos e de pessoas.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Neste Capítulo são apresentados o resumo do projeto de reabilitação do objeto de estudo deste trabalho, bem como as considerações relacionadas a sua execução e a atual situação da avenida.

4.1 Projeto de reabilitação da Avenida Felipe Camarão em Goiânia

No ano de 2019, a Prefeitura de Goiânia abriu em seu processo de licitações o edital, por meio de pregão eletrônico, 038/2019 propondo a contratação de empresa para prestação de serviço técnico especializado de engenharia para elaboração de projeto executivo de desvio de tráfego provisório e elaboração de projeto executivo de reconstrução e restauração de vias urbanas em diversas vias da cidade de Goiânia-GO, para atender a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos – SEINFRA. Neste processo, uma empresa que iremos usar o nome fictício “projetista X” venceu a licitação e foi desenvolvido e entregues projetos para o desenvolvimento da obra, paralelo a isso, ocorria também a concorrência pública 025/2019 com a contratação de empresa de engenharia para a execução dos serviços de reconstrução do pavimento asfáltico de diversas vias do município de Goiânia-GO. Iremos utilizar o nome fictício de “executora Y” para se referir a vencedora para a execução dos serviços.

Após isso, as entregas dos projetos foram feitas no ano de 2020 e em março iniciou-se os serviços. Sabendo que nesse mesmo contrato da Avenida Felipe Camarão contém mais 615 km de reconstrução de diversas ruas e avenidas na cidade de Goiânia. Embasado no período recomendado pelo método de dimensionamento do DER/SP, a projetista ressalta que o período para a execução de projeto é de 10 anos, em função da duração máxima da camada asfáltica de revestimento (oxidação do ligante).

A determinação de qual a solução adotar em cada trecho foi feita de acordo com o levantamento geotécnico, geológico, hidrológico, topográficos e o estudo de volume de tráfego feito pela projetista.

A primeira análise feita na metodologia do projeto é a classificação das vias, de acordo com o tráfego previsto: em tráfego leve, médio, médio pesado, pesado e muito pesado. Essa classificação é feita de acordo com o estabelecimento do parâmetro “N” (número de operações do eixo padrão). Para isso é estimado as porcentagens mais prováveis de cada tipo de veículo

de carga na composição de frota da via e também são propostos os prováveis carregamentos de acordo com cada classe de via, onde é constado que, em viagens curtas e principalmente nas zonas urbanas, a porcentagem de veículos circulando com carga abaixo do limite e mesmo "vazios" é elevada. Abaixo segue o Quadro 7, onde é relacionado o tipo de via, a função predominante da via, o tráfego previsto, o volume diário médio (VDM) e o número "N". Esse quadro é baseado no método de dimensionamento do Departamento de Rodagens de São Paulo.

Quadro 7 - Determinação do número N

TIPO DE VIA	FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VDM INICIAL NA FAIXA MAIS SOLICITADA		NÚMERO "N"	
			PASSEIO	COMERCIAL	10 ANOS	Característico
V-6	Local - via de articulação com Coletoras	Muito leve	≤ 95	≤ 1	1×10^3	3×10^3
V-5	Coletora - via alimentadora das Arteriais e Principais	Leve	100 a 400	4 a 20	$2,7 \times 10^5$	1×10^5
V-4	Principal II - via de continuidade da Principal I, Ligação entre regiões	Médio	401 a 1.500	21 a 100	$1,4 \times 10^5$	5×10^5
V-3	Principal I - via de continuidade da Arterial	Médio pesado	1.501 a 5.000	101 a 300	1×10^6	2×10^6
V-2	Arterial - via de penetração	Pesado	5.001 a 10.000	301 a 1.000	1×10^7	2×10^7
V-1	Perimetral - rodovia de circulação à área urbana	Muito pesado	> 10.000	1.001 a 2.000	$3,3 \times 10^7$	5×10^7

Fonte: Projetista X, 2020.

Dessa forma, as vias urbanas a serem pavimentadas serão classificadas para fins de dimensionamento, na seguinte maneira:

- Tráfego leve: ruas com características essencialmente residenciais, para quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo ocasionalmente ter passagens de caminhões e ônibus não superior a 20 por dia, então essas vias são classificadas por um número "N" típico de 1×10^5 solicitações do eixo simples padrão;
- Tráfego médio: ruas e avenidas para quais é previsto um tráfego de ônibus de caminhões entre um número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizando um número "N" típico de 5×10^5 solicitações do eixo simples padrão para o período de 10 anos;

- Tráfego meio pesado: para quais ruas e avenidas é prevista a passagem de ônibus e caminhões entre um número 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizando um número “N” típico de $2 \cdot 10^6$ solicitações do eixo simples;
- Tráfego pesado: é previsto a passagem de ônibus e caminhões em um número de 301 a 1000 por dia por faixa de tráfego, caracterizando um número “N” típico de $2 \cdot 10^7$ solicitações do eixo simples para o período de projeto de 10 a 12 anos;
- Tráfego muito pesado: onde a passagem de ônibus e caminhões é prevista entre o número de 1001 a 2000 por dia, na faixa de tráfego mais solicitada, o que caracteriza um número “N” típico superior a $5 \cdot 10^7$ solicitações do eixo simples padrão.

Após isso, foram feitas avaliações visuais em campo, verificando a qualidade estrutural e a sua capacidade em receber esforços gerados pelo tráfego existente. Onde o critério foi a avaliação funcional onde é determinado a capacidade de desempenho funcional momentânea, serventia e que o pavimento proporciona ao usuário conforto em termos de qualidade de rolamento. Para isso, a projetista utilizou um quadro resumo de defeitos desenvolvido pela DNIT para a identificação das patologias e de acordo com esse quantitativo foram desenvolvidas as soluções já descritas. As patologias encontradas são determinantes para a escolha da solução para ser utilizada no projeto de reabilitação da via. Como mostra o Quadro 8 abaixo.

Quadro 8 - Quadro resumos para identificação de patologias

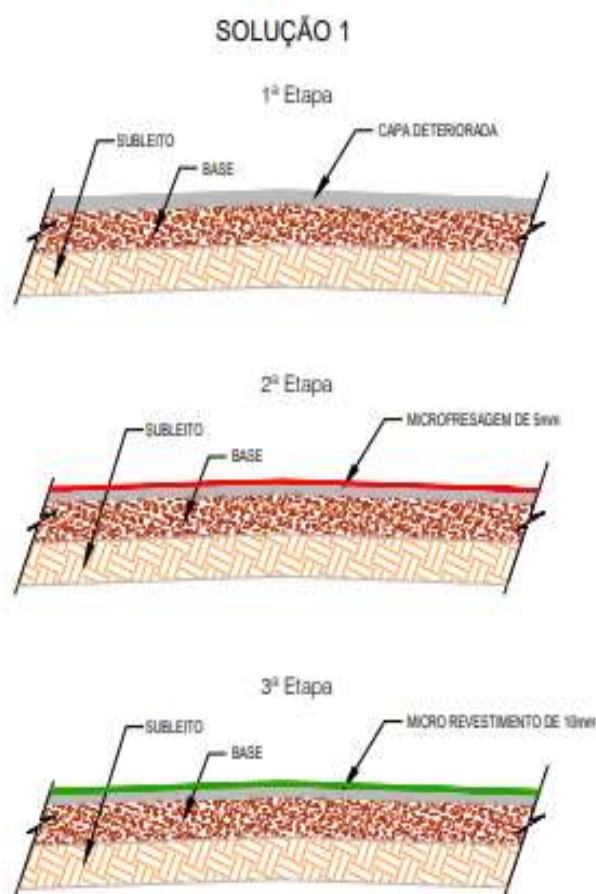
FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL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

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

Fonte: DNIT, 2003

Para a reabilitação do pavimento asfáltico de Goiânia, a projetista desenvolveu três soluções ou maneiras de execução de serviços de acordo com as condições da camada de rolamento. A primeira solução foi determinada em duas etapas. Primeiro a execução de Micro Fresagem a Frio do trecho em questão, com espessura de 0,5 cm, e logo após, a aplicação do Micro Revestimento com a espessura de 1,0 cm. Essa solução será executada quando o quociente entre o número de deflexões característica da via e o número de deflexão admissível for menor que 1,1 e os níveis de trincas e buracos forem baixos. Conforme pode ser observado na Figura 18.

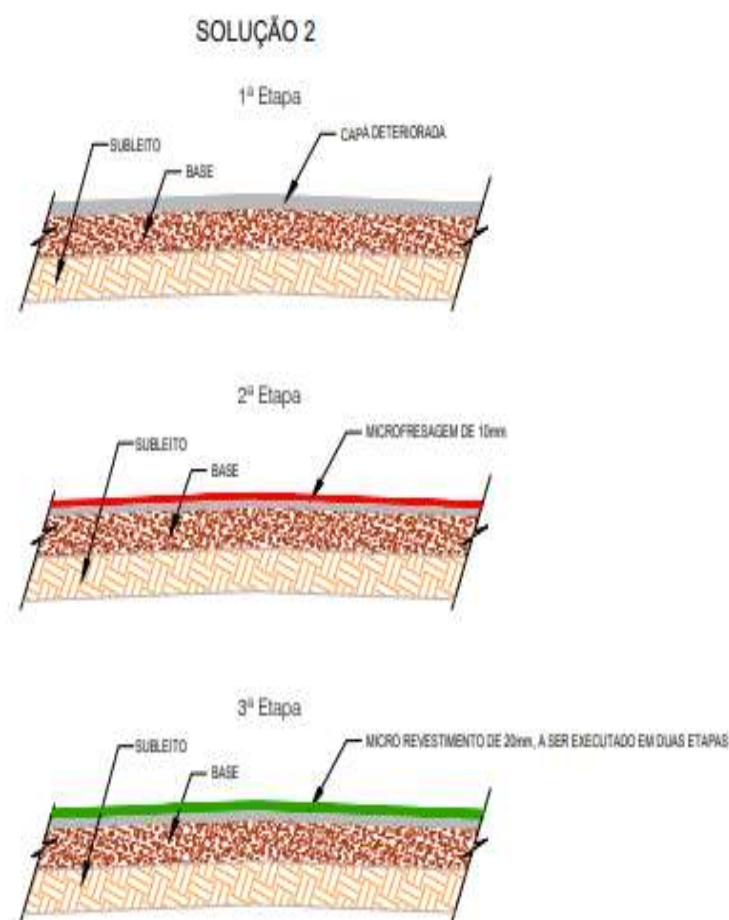
Figura 18 - Ilustração Solução 01



Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

A segunda solução é composta pelas Micro Fresagem a Frio com espessura de 10 mm e a aplicação do Micro Revestimento com espessura de 2,0 cm, que deve ser executado com duas camadas de 1,0 cm. Essa solução será utilizada quando o quociente entre o número de deflexões característica da via e o número de deflexão admissível estiver no intervalo de 1,1 a 1,5 e também os níveis de trincas, remendo superficial e remendo profundo não ultrapassar 40%, 30% e 20% da via em questão. Segue a Figura 19 abaixo que apresenta o expositivo prático proposto.

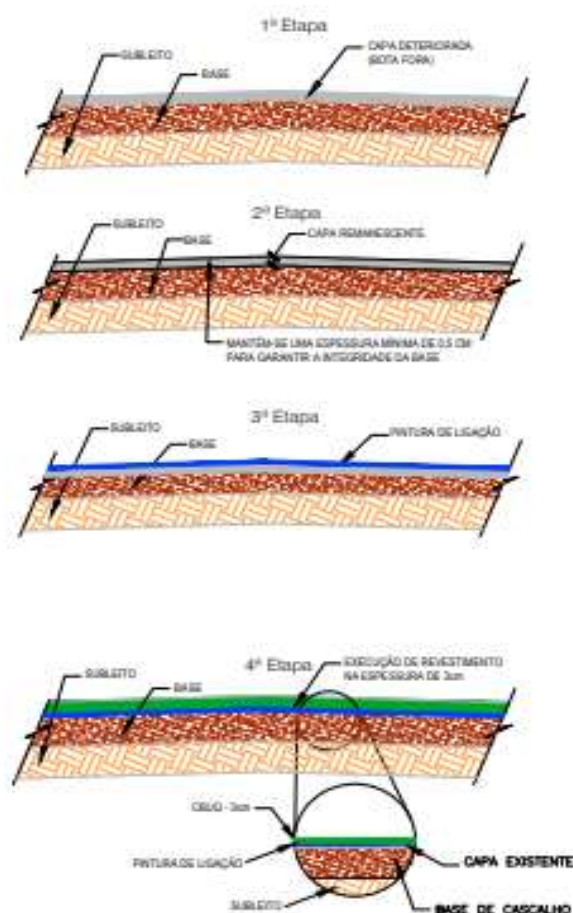
Figura 19 - Ilustração Solução 2



Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

Por último, a terceira solução onde é proposto a Fresagem a Frio da capa deteriorada com espessura de 3,0 cm, onde é recomendado que a executora não danifique a base imprimada existente. E após a fresagem, deverá ser executada a aplicação de concreto betuminoso usinado a quente do tipo faixa C, com espessura de 3,0 cm. A projetista segue alertando que se a base for atingida por esses serviços, ou outros anteriores deverá ser refeita integralmente. Essa solução será utilizada quando o quociente entre o número de deflexões característica da via e o número de deflexão admissível for superior ao valor de 1,5 e também os níveis de trincas, remendo superficial e remendo profundo ultrapassar 40%, 30% e 20% da via a ser reconstruída. A Figura 20 mostra uma ilustração de como o serviço deve ser executado.

Figura 20 - Ilustração Solução 03



Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

Delimitando ao objeto de estudo desse trabalho, a Avenida Felipe Camarão foi classificada com o tráfego meio pesado com o número “N” típico de $2 \cdot 10^6$. Para a avaliação da solução, foi usado o fator sazonalidade, FS e o valor de DP é o valor considerado para a deflexão de projeto. No Quadro 9 é exibido os resultados dos quocientes entre a deflexão característica e a deflexão admissível da faixa 01 da Avenida Felipe Camarão, e no Quadro 10 os resultados dos quocientes da faixa 02.

Quadro 9 - Resultado das deflexões obtidas na Avenida Felipe Camarão na faixa 1.

km	D med	Des. Pad.	Dc (0,01 mm)	Dp (0,01 mm)	D 25	Raio (m)	Dc/Dad m
0,000	33,64	27,59	61,24	73,48	42,45	69,83	1,44
0,040	38,00	34,91	72,91	87,49	50,10	56,31	1,71
0,080	26,43	20,32	46,74	56,09	34,45	103,65	1,10
0,120	40,06	40,66	80,71	96,86	54,15	48,87	1,90
0,160	20,83	14,26	35,08	42,10	25,85	143,68	0,82
0,200	35,86	42,34	78,20	93,84	45,15	40,66	1,84
0,240	24,23	20,54	44,77	53,72	32,80	105,22	1,05
0,280	48,09	43,69	91,78	110,14	71,00	58,30	2,16
0,320	35,09	30,96	66,05	79,26	44,95	62,19	1,55
0,360	46,03	46,64	92,67	111,21	57,60	37,79	2,18
0,400	47,30	45,65	92,95	111,55	64,80	45,29	2,18
0,440	66,44	67,97	134,42	161,30	93,90	31,09	3,16
0,480	60,94	53,45	114,39	137,27	90,60	50,90	2,69
0,520	37,44	32,80	70,24	84,29	52,95	72,25	1,65
0,560	52,73	48,65	101,38	121,65	76,35	49,49	2,38
0,600	38,17	33,98	72,15	86,58	51,00	60,68	1,69
0,640	58,81	54,36	113,17	135,81	84,40	42,98	2,66
0,680	44,01	42,49	86,50	103,80	59,35	47,31	2,03
0,720	54,99	54,51	109,49	131,39	74,50	36,59	2,57
0,760	55,03	52,08	107,11	128,53	78,65	43,37	2,52
0,800	61,77	64,47	126,24	151,49	85,10	31,25	2,96
0,840	64,59	66,24	130,83	157,00	92,45	32,81	3,07
0,880	58,46	64,64	123,10	147,72	85,15	33,40	2,89
0,920	54,66	56,86	111,51	133,82	77,30	36,85	2,62
0,960	41,36	47,65	89,00	106,81	48,65	34,10	2,09
1,000	60,09	50,56	110,65	132,78	94,10	68,23	2,60
1,040	51,90	56,43	108,33	130,00	62,30	29,56	2,54
1,080	50,21	49,52	99,74	119,68	74,65	49,41	2,34
1,120	53,69	50,22	103,91	124,69	70,20	38,72	2,44
1,160	53,26	50,49	103,75	124,50	70,60	38,92	2,44
1,200	53,44	51,93	105,38	126,45	67,80	35,15	2,47
1,240	60,19	58,60	118,78	142,54	88,25	41,20	2,79
1,280	66,69	63,80	130,48	156,58	95,15	35,41	3,06
1,320	56,06	58,97	115,02	138,03	77,20	33,89	2,70
1,360	59,37	68,13	127,50	153,00	83,00	29,18	2,99
1,400	23,49	20,04	43,53	52,23	31,55	106,47	1,02
1,440	23,43	19,02	42,45	50,94	33,45	136,76	1,00
1,480	25,63	22,22	47,85	57,42	35,25	99,36	1,12
1,500	33,59	31,86	65,44	78,53	42,55	57,60	1,54

Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

A cor vermelha nas lacunas da última coluna significa que o quociente ultrapassou o valor 1,5. Dessa forma o recomendado seria a solução 3, a cor laranja significa que o recomendado seria a solução 2 para o trecho identificado e a cor verde é quantificada para o uso da solução 1.

Quadro 10 - Resultado das deflexões obtidas na Avenida Felipe Camarão na faixa 2.

km	D med	Des. Pad.	Dc (0,01 mm)	Dp (0,01 mm)	D 25	Raio (m)	Dc/Dad m
1,500	35,47	30,19	65,66	78,79	49,20	76,22	1,54
1,460	27,80	21,67	49,47	59,37	38,40	112,41	1,16
1,420	26,23	23,67	49,90	59,88	34,30	83,33	1,17
1,380	24,11	20,65	44,77	53,72	33,45	110,23	1,05
1,340	24,57	20,49	45,06	54,08	31,45	95,71	1,06
1,300	67,16	60,68	127,84	153,40	103,50	49,37	3,00
1,260	61,70	55,92	117,62	141,14	86,20	40,01	2,76
1,220	65,24	68,95	134,19	161,03	84,55	26,58	3,15
1,180	53,74	49,30	103,04	123,65	74,45	44,23	2,42
1,140	54,46	54,21	108,67	130,40	71,30	34,88	2,55
1,100	49,56	46,49	96,05	115,26	67,30	44,39	2,26
1,060	61,54	63,86	125,40	150,48	75,85	27,16	2,94
1,020	50,16	48,57	98,72	118,47	76,45	53,56	2,32
0,980	72,70	74,15	146,85	176,21	108,75	32,37	3,45
0,940	69,94	69,55	139,49	167,39	100,35	31,97	3,28
0,900	64,29	62,62	126,90	152,28	89,45	33,84	2,98
0,860	61,20	68,01	129,21	155,05	84,35	28,92	3,03
0,820	42,94	43,14	86,09	103,30	58,75	46,82	2,02
0,780	57,81	66,80	124,61	149,53	76,60	27,41	2,93
0,740	55,06	56,51	111,57	133,88	75,50	35,55	2,62
0,700	47,87	44,82	92,70	111,23	62,70	43,28	2,18
0,660	36,13	29,79	65,91	79,10	48,20	71,84	1,55
0,620	47,39	40,67	88,06	105,67	65,80	56,21	2,07
0,580	39,10	34,18	73,28	87,94	53,50	64,04	1,72
0,540	41,61	35,78	77,39	92,87	54,90	57,23	1,82
0,500	56,73	53,15	109,88	131,85	82,60	44,96	2,58
0,460	49,60	45,54	95,14	114,17	68,35	47,17	2,23
0,420	49,44	45,84	95,28	114,33	70,15	49,96	2,24
0,380	42,56	34,19	76,75	92,10	57,70	66,21	1,80
0,340	39,57	32,47	72,04	86,45	56,35	78,03	1,69
0,300	42,09	41,31	83,40	100,08	58,85	51,61	1,96
0,260	45,61	44,55	90,17	108,20	68,10	55,31	2,12
0,220	49,71	50,95	100,66	120,80	67,30	38,92	2,36
0,180	41,07	36,91	77,99	93,58	57,10	60,21	1,83
0,140	29,31	25,46	54,77	65,73	40,70	88,28	1,29
0,100	18,77	10,37	29,14	34,97	24,30	260,42	0,68
0,060	34,34	31,20	65,55	78,66	49,00	74,94	1,54
0,020	28,86	15,27	44,13	52,95	38,95	241,31	1,04
0,000	36,53	29,33	65,86	79,04	48,00	71,02	1,55

Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

Além do mais, a avenida foi identificada com o seguinte perfil geotécnico após os ensaios de sondagem, conforme pode ser visto na Quadro 11.

Quadro 11 - Perfil geotécnico da via

Km início	km final	Capa (cm)	Base (cm)	Sub Base (cm)	CBR Base	Classificação
0,000	0,240	4,00	12,00	0,00	55,72	A-2-4
0,240	0,440	4,00	12,00	0,00	55,72	A-2-4
0,440	0,640	4,00	12,00	0,00	55,72	A-2-4
0,640	0,840	4,00	12,00	0,00	55,72	A-2-4
0,840	1,040	4,00	12,00	0,00	55,72	A-2-4
1,040	1,240	4,00	12,00	0,00	55,72	A-2-4
1,240	1,440	4,00	12,00	0,00	55,72	A-2-4
1,440	1,500	4,00	12,00	0,00	55,72	A-2-4

Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

Também, foram expostos os valores para o índice de irregularidades internacional na via, que no quadro é identificado como IRI. Esse índice é o somatório das irregularidades do pavimento, dentro de um mesmo quilometro, em relação a um plano de referência. É levantado através do uso de um veículo equipado com acelerômetros, feixes laser medidores de distância e equipamento de precisão para medição de velocidade, deslocamento e posição, que coletam dados enviados a um computador portátil, em tempo real, fornecendo perfis longitudinais e transversais da rodovia. Também é exposto o valor de quociente de irregularidades. Essa metodologia de ensaio pode ser encontrada na norma DNIT 442/2023 – PRO. Segue o Quadro 12 onde é exposto os valores de irregularidades na faixa 1 e no Quadro 13 com os valores de irregularidades na faixa 2.

Quadro 12 – Irregularidades longitudinais na faixa 1 da Avenida Felipe Camarão.

km	IRI Médio	IRI Médio Segmento	Qi Médio	Qi Médio Segmento
0,000	2,28	3,14	29,64	38,73
0,040	3,23		48,88	
0,080	4,04		53,50	
0,120	3,43		28,96	
0,160	2,50		35,69	
0,200	3,87		48,56	
0,240	2,63	5,69	25,89	74,00
0,280	7,11		92,43	
0,320	6,89		89,64	
0,360	5,98		77,74	
0,400	4,74		61,62	
0,440	3,73		48,56	
0,480	2,28	4,70	48,56	49,88
0,520	3,76		36,98	
0,560	4,11		47,56	
0,600	6,00		63,69	
0,640	7,37		52,63	
0,680	6,78	5,20	65,96	56,49
0,720	8,15		53,15	
0,760	3,92		48,63	
0,800	2,48		53,69	
0,840	4,69		61,04	
0,880	5,36	4,86	52,63	50,58
0,920	2,36		42,58	
0,960	5,69		53,69	
1,000	4,56		53,69	
1,040	6,35		50,31	
1,080	5,96	4,34	61,36	46,54
1,120	4,96		63,31	
1,160	5,23		36,40	
1,200	2,96		40,30	
1,240	2,57		31,33	
1,280	4,72	4,16	61,36	46,54
1,320	4,87		63,31	
1,360	2,80		36,40	
1,400	3,58		40,30	
1,440	4,81		31,33	
1,480	2,72	2,99	31,36	27,34
1,500	3,25		23,31	

Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

Quadro 13 - Irregularidades longitudinais na faixa 2 da Avenida Felipe Camarão.

km	IRI Médio	IRI Médio Segmento	Qi Médio	Qi Médio Segmento
1,500	2,28	5,49	29,64	71,40
1,460	3,76		48,88	
1,420	4,11		53,50	
1,380	6,00		78,07	
1,340	7,37		95,75	
1,300	6,78		88,08	
1,260	8,15		105,89	
1,220	7,11	5,69	92,43	74,00
1,180	6,89		89,64	
1,140	5,98		77,74	
1,100	4,74		61,62	
1,060	3,73		48,56	
1,020	3,07	4,39	61,36	46,54
0,980	2,96		63,31	
0,940	6,32		36,40	
0,900	4,72		40,30	
0,860	4,87		31,33	
0,820	5,75	4,56	61,36	46,54
0,780	6,15		63,31	
0,740	3,85		36,40	
0,700	2,50		40,30	
0,660	4,56		31,33	
0,620	6,35	5,69	61,36	50,41
0,580	5,96		63,31	
0,540	4,96		44,59	
0,500	5,23		32,50	
0,460	5,96		50,31	
0,420	4,25	5,23	61,36	46,54
0,380	4,72		63,31	
0,340	4,87		36,40	
0,300	6,35		40,30	
0,260	5,96		31,33	
0,220	4,96	4,73	61,36	46,54
0,180	5,23		63,31	
0,140	3,87		36,40	
0,100	4,72		40,30	
0,060	4,87		31,33	
0,020	3,43	2,97	32,56	30,06
0,000	2,50		27,56	

Fonte: Projetista X, 2020.

Com os quantitativos dos índices e quocientes de irregularidades, a média dos quocientes das deflexões características e admissível a projetista indicou para a execução da reabilitação asfáltica da Avenida Felipe Camarão a solução 3 de projeto, composta pela fresagem a frio de com 3,0 cm de espessura e a aplicação de concreto betuminoso usinado a quente do tipo faixa C com 3,0 cm de espessura. Segue quadro 14 e 15 que ilustram o citado acima. Os quadros também demonstram o nível de remendo superficial e profundo, onde a letra “B” significa um número baixo de eventos e a letra “M” significa um número médio de eventos.

Quadro 14 - Definição das soluções de projeto - Avenida Felipe Camarão - faixa 1.

Km início	km final	Média Dc/Dadm no segmento	Média IRI no segmento	Média QI no segmento	RS	RP	TR	Solução final
0,000	0,240	1,41	3,14	38,73	-	-	M	Solução 03
0,240	0,440	2,24	5,69	74,00	-	-	B	Solução 03
0,440	0,640	2,21	4,70	49,88	-	-	-	Solução 03
0,640	0,840	2,63	5,20	56,49	B	-	-	Solução 03
0,840	1,040	2,55	4,86	50,58	B	-	-	Solução 03
1,040	1,240	2,50	4,34	46,54	-	-	-	Solução 03
1,240	1,440	2,16	4,16	46,54	-	-	-	Solução 03
1,440	1,500	1,33	2,99	27,34	-	-	-	Solução 03

Fonte: Projetista X, 2020

Quadro 15 - Definição das soluções de projeto - Avenida Felipe Camarão - faixa 2.

Km início	km final	Média Dc/Dadm no segmento	Média IRI no segmento	Média QI no segmento	RS	RP	TR	Solução final
1,500	1,260	1,68	5,49	71,40	-	-	B	Solução 03
1,260	1,060	2,66	5,69	74,00	-	-	B	Solução 03
1,060	0,860	3,01	4,39	46,54	-	-	B	Solução 03
0,860	0,660	2,26	4,56	46,54	-	-	-	Solução 03
0,660	0,460	2,08	5,69	50,41	-	-	-	Solução 03
0,460	0,260	1,96	5,23	46,54	-	-	-	Solução 03
0,260	0,060	1,54	4,73	46,54	-	-	-	Solução 03
0,060	0,000	1,29	2,97	30,06	-	-	-	Solução 03

Fonte: Projetista X, 2020

Além disso, o projetista indicou a execução 4,68 m³ de remendos superficiais para serem executados de forma pontual em toda a avenida. Os locais para serem executados esses reparos deve ser analisado pela executora. Ou seja, o projeto determina a necessidade de remendos superficiais na Avenida Felipe Camarão, e cabe a executora analisar os locais necessários a serem executados de acordo com vistoria in loco.

A Avenida Felipe Camarão está compreendida entre a Rua Padre Benedito Dias onde se localiza a sua Estaca 0 e finalizando no encontro com a Rua dos Inconfidentes, na Estaca 73+7,165. Todas as ruas citadas são pertencentes ao Bairro Goiá.

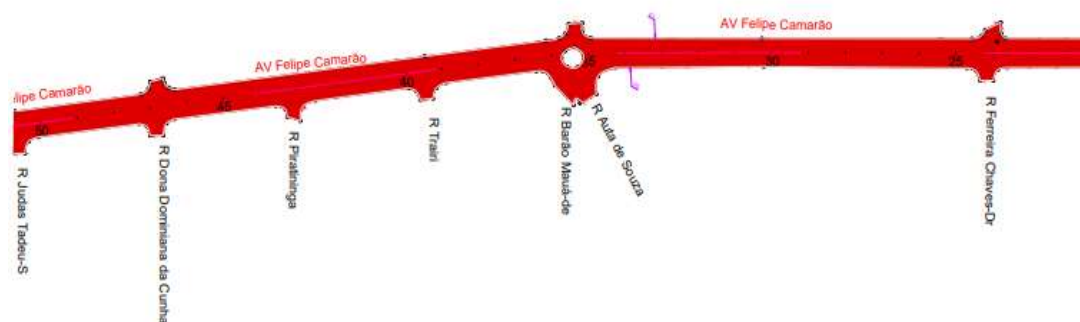
Todo esse percurso representa uma extensão de 1.467,17 metros e uma área de 21.920.66 metros quadrados. Segue abaixo figuras 21, 22 e 23 retiradas do projeto fornecido pela projetista com algumas alterações pela autora do trabalho. O projeto foi dividido em 3 partes para facilitar a leitura e interpretação dos dados demonstrados.

Figura 21 - Projeto Felipe Camarão da Estaca 0 a Estaca 25



Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

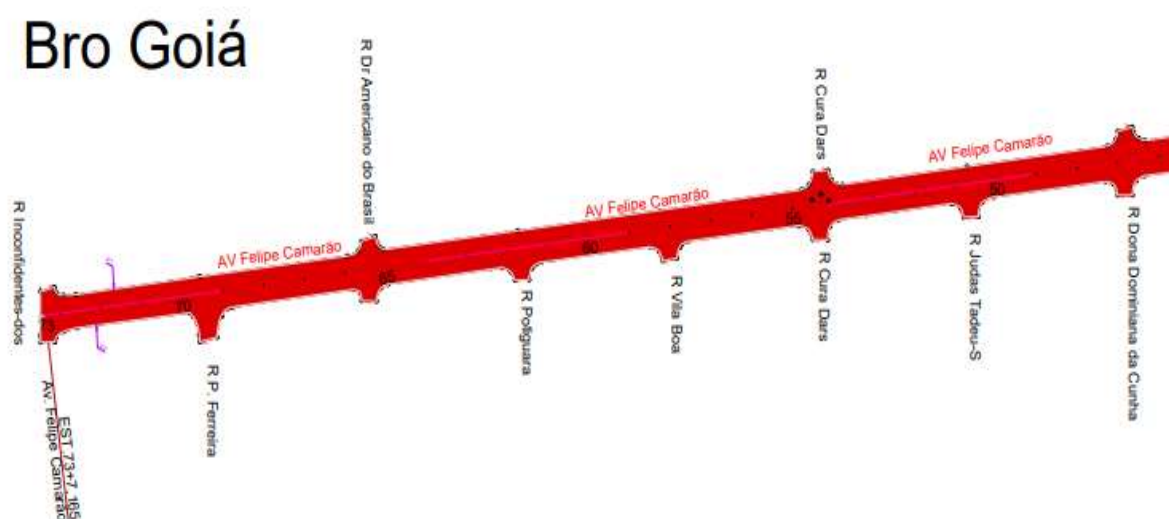
Figura 22 - Projeto Felipe Camarão da estaca 26 a 50



Bro Goiá

Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

Figura 23 - Projeto Felipe Camarão da estaca 51 a 73+7,165



Fonte: Projetista X, 2020 (Modificado pelo autor)

4.2 Execução da reabilitação asfáltica da Avenida Felipe Camarão

No início do mês de abril em 2021, a executora fez uma visita para conferir as condições da via e avaliar as localizações para executar os remendos superficiais. Foram encontrados muitos defeitos do tipo painelas, buracos e depressões na via no trecho entre a Rua Cura Dars e a Rua Americano do Brasil. Essas painelas atingiam a base da via. Com essas patologias na estrutura da via, foi decidido entre executora e a Secretária de Infraestrutura, executar um reparo profundo entre as estacas 53 e 65 atingindo a largura total da pista. Totalizando 260 metros de comprimento e largura de 14,95 metros. O reparo profundo tem uma área de 3.884,60 m², cerca de 17% da área completa da avenida. Feito isso, no restante da via ficou definido a Solução 3 de projeto, com fresagem e aplicação de CBUQ de 3 cm, conforme Figura 24.

Figura 24 - Trecho a ser executado



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Google Earth (2023)

Então, a executora após medições das painelas e avaliações do greide da pista, optou-se por realizar uma fresagem com 6 cm a fim de realizar um corte na base para estabilizá-la granulometricamente. Ou seja, devido ao avanço das patologias, tomou-se a decisão técnica de reconstrução da base do pavimento, com o objetivo de atingir os padrões de qualidade exigidos pelos órgãos normativos. Segue Figura 25 e 26 com a fresagem da via.

Figura 25 - Fresagem com 6 centímetros sendo realizada



Fonte: Executora Y, 2021.

Figura 26 - Fresagem feita na largura da pista entre as estacas 53 e 65



Fonte: Executora Y, 2021.

Após a fresagem, foram mobilizados equipamentos para o tratamento da base, como uma motoniveladora, um trator de grade e um rolo pé de carneiro.

Com o trator de grade foram feitos cortes na base a fim de homogeneizar o material da base com o material a ser adicionado para manter o greide da via após o revestimento. Segue a Figura 27 presente com detalhes da execução do gradeamento executado na base.

Figura 27 - Gradeamento da base na Avenida Felipe Camarão



Fonte: Executora Y, 2021.

O material utilizado para estabilizar a base granulometricamente foi o BGS (Brita graduada simples). O BGS foi misturado in loco, portanto foram descarregados caminhões basculantes de brita 0 e pó de brita na avenida. A Figura 28 abaixo mostra a descarga dos agregados.

Figura 28 - Descarga dos agregados



Fonte: Executora Y, 2021.

Com uma pá mecânica foi feito a mistura e homogeneização dos agregados e logo após o espalhamento do material sobre a base com a utilização da motoniveladora. A Figura 29 mostra a motoniveladora em atividade.

Figura 29 - Espalhamento e nivelamento do material



Fonte: Executora Y, 2021.

Com o propósito da obtenção da umidade ótima, foi utilizado um caminhão pipa para o umedecimento da camada para então prosseguir com a homogeneização com gradeamento. Após isso, foi iniciada a fase de compactação com o rolo pé de carneiro (Figura 30).

Figura 30 - Compactação da base estabilizada



Fonte: Executora Y, 2021.

Após o alcance do grau de compactação ideal para a liberação do trecho, foi feita a imprimação utilizando Emulsão Asfáltica para Imprimação (EAI). E com a cura do material foi dado início a aplicação do concreto betuminoso usinado a quente para camada de rolamento com 3 centímetros de espessura. O trecho do reparo profundo foi o último a ser finalizado motivado pelo aumento dos processos na reabilitação da avenida. A Figura 31 mostra a aplicação do CBUQ nesse trecho entre as estacas 53 e 65.

Figura 31 - Aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente



Fonte: Executora Y, 2021.

Entre as estacas 0 e 52 e as estacas 65 e 73+7,165, os trechos foram executados conforme determinação de projeto. A Figura 32 mostra a fresagem com 3 cm de espessura sendo realizada no trecho citado acima.

Figura 32 - Fresagem de 3 cm na Avenida Felipe Camarão



Fonte: Executora Y, 2021.

A Figura 33 mostra a aplicação do CBUQ, camada de rolamento, em sua fase de compactação, na altura da estaca 40.

Figura 33 - Compactação do CBUQ da Avenida Felipe Camarão.



Fonte: Executora Y, 2021.

4.3 Condições atuais da Avenida Felipe Camarão

Considerando o projeto executivo com data de 2020 e execução dos serviços em 2021. Neste ano, em 2023, foi feita uma visita para levantar as condições atuais da avenida, com o objetivo de mensurar se a reabilitação foi então, efetiva. Durante a visita foram encontradas algumas patologias na via. A Figura 34 mostra um croqui das patologias observadas.

Na estaca 45, foi encontrada a primeira patologia, uma trinca transversal na faixa 1 da via (Figura 35). Após isso, exatamente no trecho onde foi executado o reparo profundo foi detectado um maior volume de patologias. A primeira patologia foi uma fissura nas mediações da estaca 55, também na faixa 1 (Figura 36). Posteriormente, foram vistas 3 panelas cobertas com um tapa buraco, já caracterizando um remendo superficial (Figuras 37, 38 e 39). Por fim, foi observado um couro jacaré na faixa 2 da via (Figura 40).

Figura 34 - Croqui patologias encontradas



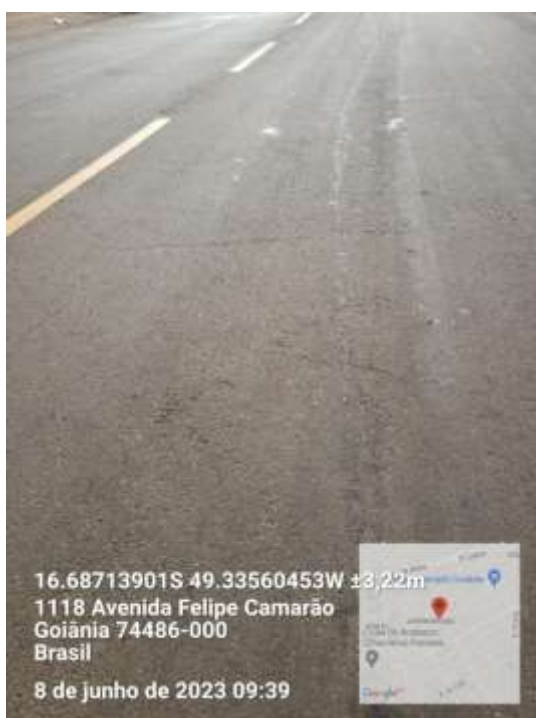
Fonte: Adequado pelo autor utilizando o Google Earth (2023)

Figura 35 - Trinca Transversal - Estaca 45



Fonte: Autor (2023).

Figura 36- Fissura - Estaca 55



Fonte: Autor (2023)

Figura 37 - Painela 1



Fonte: Autor (2023)

Figura 38 - Painela 2



Fonte: Autor (2023).

Figura 39 - Painela 3



Fonte: Autor (2023).

Figura 40 - Couro de Jacaré



Fonte: Autor (2023).

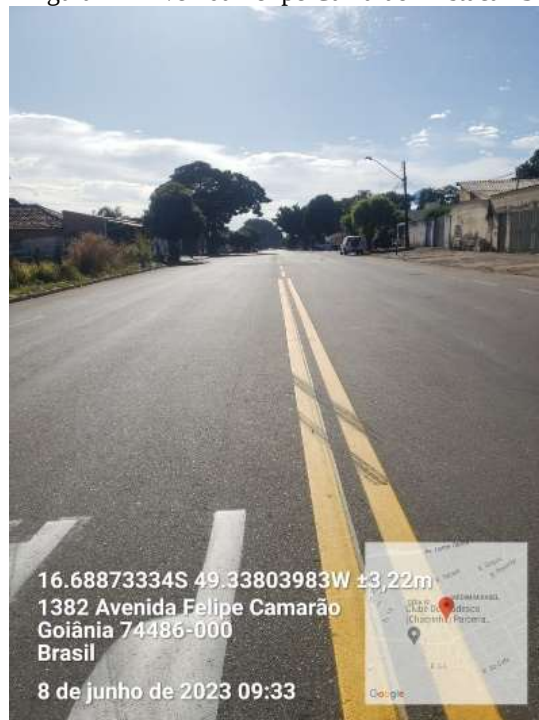
Com exceção dos trechos citados acima, o restante da avenida apresentou condições satisfatórias de desempenho para a operações dos condutores, garantindo conforto e segurança de circulação. Conforme pode-se verificar na figura 41, da estaca 10, onde a Avenida Felipe Camarão vai de encontro com a Avenida Frei Miguelino e na figura 42, da estaca 73, onde a avenida finaliza com a intersecção com a Rua dos Inconfidentes.

Figura 41 - Avenida Felipe Camarão - Estaca 10



Fonte: Autor (2023).

Figura 42- Avenida Felipe Camarão - Estaca 73



Fonte: Autor (2023).

5 CONCLUSÃO

A partir dos dados apresentados de projeto, as análises feitas da execução e as fotos apresentadas após dois anos de execução dos serviços no Bairro Goiá, pode-se concluir que de forma visual e superficial, a reabilitação asfáltica na Avenida Felipe Camarão foi concluída com pequena alteração na solução de projeto entre as estacas 53 e 65, sendo mantida a solução de projeto no restante da avenida. Após dois de operação pelos usuários observou-se em visita “*in loco*” o surgimento de patologias pontuais devido à ação do tráfego e as intempéries do período. Porém, com os devidos reparos nas poucas patologias surgidas, conforme manifestação da população lindeira e usuária, o desempenho na circulação pela avenida não apresentou desconforto e insegurança. Necessário se faz o monitoramento permanente da via, planejando sempre que surgirem, as devidas e corretas correções das patologias superficiais, que são consequências das intempéries e ações do tráfego de carga, impedindo que a estrutura do pavimento seja comprometida.

Conforme foi verificado no interstício da confecção do projeto e da efetiva execução das soluções previstas, a demora da execução faz com que as soluções anteriormente propostas sejam inadequadas, visto o que aconteceu no segmento da avenida em estudo que a executora tomou novas formas de intervenções de reforço da estrutura do pavimento, reconstruindo a base e novo revestimento.

A necessidade das intervenções de reconstrução da estrutura do pavimento em parte da avenida, também se deve a sua idade, uma vez que sua vida útil já estava expirada, além do aumento das solicitações de tráfego, em especial de carga, devido a Avenida ser comercial e um dos corredores de tráfego do Bairro Goiá.

Sugere-se em trabalhos futuros, um estudo sobre a gerência do desempenho dos serviços executados ao longo da operação da via, monitorando o comportamento do pavimento a cada ano, no sentido de que as intervenções de conservação sejam mais bem planejadas e executadas no tempo oportuno, preservando as condições de conforto e segurança para os usuários.

Sugere-se também, um estudo geotécnico específico do trecho em que as patologias ainda são recorrentes, para que ocorra um objetiva e conclusiva recuperação total desse trecho. Dessa forma, será realizada uma preservação da avenida quanto as patologias, antes que essas, se expandam e voltem a deixar os usuários com desconforto e insegurança.

REFERÊNCIAS

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

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

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

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003b.

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

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

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

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

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 031/2006-ES: Pavimentos flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT, Departamento Nacional da Infraestrutura de Transporte. **DNIT 141/2010 – ES: Pavimentação – Base estabilizada – Granulometricamente – Especificação de Serviço.** Rio de Janeiro, 2010.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 159/2011 – ES: Pavimentos asfálticos – Fresagem a frio – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2011

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 129/2011 – EM: Cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero elastomérico – Especificação de material.** Rio de Janeiro, 2011.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2022: Relatório Gerencial. – Brasília : CNT : SEST SENAT, 2022.** Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/conteudo>. Acesso em: 13 outubro 2022.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Projeto de Pavimentação. São Paulo, 2006a.** Disponível em: http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/normas/IP-DE-P00-001_A.pdf. Acesso em: 02 novembro 2022.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DER/SP. **Melhoria do subleito e preparo do leito.** São Paulo, 2006b.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fresagem de Pavimento Asfáltico.** São Paulo, 2006c.

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