

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

GUSTAVO MARCORIO DE SANTANA

**ESTUDO DE CASO DO COMPORTAMENTO DO
REVESTIMENTO ASFÁLTICO (TRATAMENTO SUPERFICIAL
DUPLO-TSD E MICRORREVESTIMENTO) EM RODOVIA DE
BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO (GO-154 TRECHO: GO/070 –
ITAGUARI)**

Goiânia, GO

Agosto, 2025

**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: Gustavo Marcorio de Santana

Matrícula: 20201011050411

Título do Trabalho: Estudo de Caso do comportamento do revestimento asfáltico (tratamento superficial duplo – TSD e microrrevestimento) em rodovia de baixo volume de tráfego (GO-154 TRECHO: GO/070 – Itaguari)

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

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

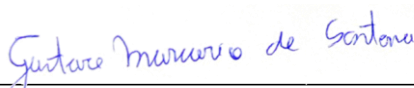
- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa:

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

- 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 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;
- 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, 02 de Setembro de 2025



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

GUSTAVO MARCORIO DE SANTANA

**ESTUDO DE CASO DO COMPORTAMENTO DO
REVESTIMENTO ASFÁLTICO (TRATAMENTO SUPERFICIAL
DUPLO-TSD E MICRORREVESTIMENTO) EM RODOVIA DE
BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO (GO-154 TRECHO: GO/070 –
ITAGUARI)**

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

Agosto, 2025

S232e

Santana, Gustavo Marcorio de.

Estudo de caso do comportamento do revestimento asfáltico (tratamento superficial duplo-TSD e microrrevestimento) em rodovia de baixo volume de tráfego (GO-154 trecho: GO/070 - Itaguari) / Gustavo Marcorio de Santana. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2025.
63 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. Rodovias - Goiás (Estado). 2. Pavimentação asfáltica - revestimento composto. 3. Tratamento superficial duplo (TSD). 4. Microrrevestimento asfáltico - avaliação de desempenho. I. Cardoso, Ricardo Alves Calixto (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 625.73

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.266
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **ESTUDO DE CASO DO COMPORTAMENTO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO (TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO-TSD E MICRORREVESTIMENTO) EM RODOVIA DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO: GO-154 Trecho: GO/070 - Itaguari**, sob orientação de Ricardo Alves Cardoso, apresentada pelo aluno **Gustavo Marcório de Santana (20201011050411)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Civil (Câmpus Goiânia)**. Os trabalhos foram iniciados às 15:00 do dia 21/08/2025 pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Ricardo Alves Cardoso** (Presidente)
- **Matilde Batista Melo** (Examinadora Interna)
- **Wesley Pimenta de Menezes** (Examinador Interno)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[X] Aprovado

[] Reprovado

Nota : 9,5

Observação / Apreciações:

O discente foi aprovado com elogios ao trabalho bem elaborado.

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Ricardo Alves Cardoso** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ricardo Alves Cardoso** (370.554.021-15), em 26/08/2025 15:01:12 com chave **a6c83a2c82a611f09407005056a537a4**.
- **Matilde Batista Melo** (711.721.141-53), em 26/08/2025 14:20:24 com chave **f39e58c882a011f09d7f005056a537a4**.
- **Wesley Pimenta de Menezes** (624.313.071-15), em 26/08/2025 21:24:11 com chave **2744a74682dc11f0bcde005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 26/08/2025

Código de Autenticação: 99ab9b



AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pois Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. A Ele seja dado todo o louvor e toda a glória. Foi Sua presença constante que me sustentou nos momentos de alegria e nos dias de maior dificuldade. Reconheço que sem a Sua maravilhosa graça e fidelidade eu não teria chegado até aqui.

Agradeço profundamente ao meu pai, Jociney, e à minha mãe, Maria Marcorio, por todo amor, dedicação e apoio incondicional. Vocês sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidava das minhas próprias forças. A vocês devo não apenas a vida, mas também os valores que me moldaram como pessoa e me impulsionaram a perseverar nesta longa caminhada. Ao meu irmão, Guilherme Marcorio, agradeço a amizade, companheirismo e por estar sempre presente, compartilhando alegrias e me apoiando em cada desafio.

Sou imensamente grato ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, campus Goiânia, onde tive a oportunidade de receber uma formação de excelência, tanto no ensino médio quanto no ensino superior. Foram nove anos de aprendizado, dedicação, desafios e superações, que marcaram a minha vida não apenas acadêmica, mas também pessoal. Levarei comigo cada experiência vivida nesse período.

Agradeço também à Igreja Videira, que foi fundamental na minha formação espiritual e pessoal, ensinando-me a viver com fé e coragem dentro da universidade. Foi lá que aprendi a ser um cristão com sabedoria e um radical livre, entendendo que o verdadeiro conhecimento vai além das salas de aula e encontra sentido na presença de Deus.

Agradeço de maneira especial ao meu orientador, Prof. Me. Ricardo Alves Cardoso, pela dedicação, paciência e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho. Sua contribuição foi fundamental, tanto no acompanhamento da legislação que embasou o projeto, quanto no suporte técnico e acadêmico relacionado à visita *in loco* na rodovia GO-154. Sua experiência foi decisiva para que este trabalho pudesse ser concluído com alegria.

Por fim, queria agradecer à minha noiva Fernanda Karem, por ser uma excelente companheira nos dias de faculdade.

RESUMO

O principal modal de transporte no Brasil é o transporte rodoviário, o qual é realizado através de rodovias, e por isso, o Brasil necessita de maiores investimentos e novas técnicas para a construção e manutenção de rodovias. Uma técnica que tem sido pouco utilizada, é a técnica do revestimento composto, que consiste na combinação no tratamento superficial duplo (TSD), com o microrrevestimento asfáltico. O Estado de Goiás por meio da GOINFRA (Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes), tem utilizado esta técnica nos projetos de reconstrução de segmentos das rodovias estaduais. Este estudo propõe avaliar o desempenho de um segmento da GO-154, cujo trecho está compreendido entre a GO-070 e Itaguari, com extensão de 25,3 km, em que a respectiva técnica foi empregada devido apresentar volume de tráfego leve com N (número de solicitações equivalentes do eixo simples padrão de 8,2 t, tomado como padrão, durante o período de projeto) menor do que 10^6 . A pesquisa avaliou, por meio de visita *in loco*, o comportamento deste segmento rodoviário utilizando o Levantamento Visual Contínuo (LVC), baseada na IP-06/2018 GOINFRA, com o objetivo de avaliar o desempenho da técnica em rodovia de baixo volume de tráfego. Com o desenvolvimento deste trabalho constatou-se que este revestimento combinado de TSD e microrrevestimento tem bom desempenho em pavimentos de baixo volume de tráfego.

Palavras-chave: Rodovia, revestimento asfáltico, tratamento superficial, microrrevestimento.

ABSTRACT

The main mode of transportation in Brazil is road transport, which is carried out through highways. Therefore, Brazil requires greater investments and new techniques for the construction and maintenance of its road network. One technique that has been little used is the composite pavement technique, which consists of combining double surface treatment (DST) with micro-surfacing. The State of Goiás, through GOINFRA (Goiás Infrastructure and Transport Agency), has applied this technique in projects for the reconstruction of sections of state highways. This study aims to evaluate the performance of a segment of highway GO-154, located between GO-070 and Itaguari, with a length of 25.3 km, where this technique was employed due to the light traffic volume, with an N (number of equivalent standard single axle load applications of 8.2 t, taken as standard during the design period) lower than 10^6 . The research assessed, through on-site visits, the behavior of this highway segment using the Continuous Visual Survey (CVS), based on GOINFRA's IP-06/2018, in order to evaluate the performance of the technique in a low-traffic road. From the development of this work, it was observed that this composite pavement of DST and micro-surfacing presents good performance in low-volume traffic pavements.

Keywords: Highway, asphalt pavement, surface treatment, micro-surfacing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1	Estrutura de um pavimento flexível	14
Figura 2.2	Estrutura de um pavimento rígido	14
Figura 2.3	Seção transversal de um pavimento	17
Figura 2.4	Aplicação de CBUQ	18
Figura 2.5	Aplicação de CBUQ	19
Figura 2.6	Classificação do TSP	21
Figura 2.7	Fases da Execução do TSS	23
Figura 2.8	Fases da Execução do TSD	24
Figura 2.9	Usina Móvel de Microrrevestimento	27
Figura 2.10	Sequência da aplicação do <i>cape seal</i>	30
Figura 3.1	Mapa rodoviário estadual da GO – 154	32
Figura 3.2	Mapa rodoviário com imagens de satélite da rodovia GO – 154	33
Figura 4.1	Ondulação na Rodovia	55
Figura 4.2	Afundamento na Rodovia	56
Figura 4.2	Reparos sendo feitos na rodovia	56
Figura 4.4	Reparos sendo executados durante a visita	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Faixas granulométricas para o concreto asfáltico	19
Quadro 2.2	Granulometria dos agregados para o TSS	22
Quadro 2.3	Granulometria dos agregados para o TSD	23
Quadro 2.4	Granulometria dos agregados para o TST	24
Quadro 2.5	Granulometria da mistura dos agregados para a lama asfáltica	25
Quadro 2.6	Diferenças entre as técnicas de lama asfáltica e MRAF	28
Quadro 2.7	Granulometria da mistura do MRAF	29
Quadro 3.1	Segmentos do SRE atendidos com a solução combinada de TSD e microrrevestimento	33
Quadro 3.2	Formulário de levantamento visual contínuo	35
Quadro 3.3	Conceito do ICPF	35
Quadro 3.4	Frequência de Defeitos	36
Quadro 3.5	Determinação do índice de Gravidade	37
Quadro 3.6	IES – Índice do Estado da Superfície do Pavimento	37
Quadro 3.7	Modelo para o cálculo do IGGE	39
Quadro 3.8	Quadro resumo do levantamento do visual contínuo	40
Quadro 4.1	Solução 1 do trecho ENTR. GO-070 / ITAGUARI	41
Quadro 4.2	Solução 2 do trecho ENTR. GO-070 / ITAGUARI	41
Quadro 4.3	Formulário para levantamento visual contínuo (LVC)	42
Quadro 4.4	Frequência de defeitos do Sentido Itaguari – GO 070	43
Quadro 4.5	Índice de gravidade global expedito - IGGE do Sentido Itaguari - GO 070	45
Quadro 4.6	Resumo do levantamento visual contínuo Sentido Itaguari – GO 070	47
Quadro 4.7	Formulário para o levantamento visual contínuo sentido go 070 – itaguari	48
Quadro 4.8	Frequência de defeitos do Sentido Itaguari – GO 070	49
Quadro 4.9	Índice de gravidade global expedito – IGGE do Sentido GO 070 - Itaguari	51
Quadro 4.10	Cálculo do resumo do levantamento visual contínuo Sentido GO 070 – Itaguari	53

LISTA DE GRÁFICOS

Quadro 4.1	IGGE sentido Itaguari – GO 070	54
Quadro 4.2	IGGE sentido GO 070 - Itaguari	55

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
NBR	Norma Brasileira
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
LA	Lama Asfáltica
MRAF	Microrrevestimento Asfáltico a Frio
TSS	Tratamento Superficial Simples
TSD	Tratamento Superficial Duplo
ABEDA	Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto
GOINFRA	Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. JUSTIFICATIVA DO TEMA.....	11
1.2. OBJETIVOS.....	11
Neste item serão abordados o objetivo geral e específicos.	11
1.2.1. Objetivo geral.....	11
1.2.2. Objetivos específicos.....	11
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2 . REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1. PAVIMENTO – CONCEITOS E ASPECTOS GERAIS	13
2.1.1. Classificação dos pavimentos.....	13
2.1.2. Estrutura do pavimento.....	15
2.2. TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS.....	17
2.2.1. Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)	17
2.2.2. Tratamento superficial.....	20
2.2.2.1. Tratamento superficial por penetração (TSP).....	20
2.2.2.2. Tratamento superficial simples (TSS)	22
2.2.2.3. Tratamento superficial duplo (TSD).....	23
2.2.2.4. Tratamento superficial triplo (TST)	24
2.2.2.5. Lama asfáltica (LA).....	25
2.2.2.6. Microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF)	26
2.2.2.7. <i>Cape seal</i>	29
2.2.2.8. Tratamento antipó (TAP)	31
3. METODOLOGIA.....	32
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	41
4.1. SOLUÇÕES DE PROJETO ADOTADAS CONFORME DADOS DA GOINFRA.....	41
4.2. LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO DO SENTIDO ITAGUARI – GO 070.....	42
4.2.1. Frequência de Defeitos do Sentido Itaguari – GO 070.....	43
4.2.2. Cálculo do índice de gravidade global expedito – IGGE do Sentido Itaguari – GO 070.....	44
4.2.3. Cálculo do resumo do levantamento visual contínuo Sentido Itaguari – GO 070.....	46
4.3. LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO DO SENTIDO GO 070 – ITAGUARI.....	48
4.3.1. Frequência de Defeitos do Sentido GO 070 – Itaguari.....	49
4.3.2. Cálculo do índice de gravidade global expedito – IGGE do Sentido GO 070 – Itaguari.....	50
4.3.3. Cálculo do resumo do levantamento visual contínuo Sentido GO 070 – Itaguari.....	52
4.4. ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	54

5. CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

O asfalto é um material de grande importância para a humanidade, um dos materiais mais antigos e utilizados no mundo, por isso, é considerado um dos mais versáteis produtos da natureza (manual do asfalto, 1989, versão em português, 2001), sendo o principal componente do pavimento asfáltico.

O transporte rodoviário é o principal modal de transporte no Brasil e a base desse modal, é o pavimento. De acordo com o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes- 2011), noventa e cinco por cento (95%) das rodovias federais, são pavimentos asfálticos.

Para o transporte rodoviário continuar sendo um importante modal de transporte no Brasil, torna-se necessário que o pavimento seja corretamente executado e conservado com manutenções periódicas. A estrutura do pavimento asfáltico é composta por sub -leito, reforço do sub-leito, sub-base, base, camada de ligação/imprimação e camada de rolamento (revestimento asfáltico). Cada parte da estrutura do pavimento asfáltico, deve ser executado de acordo com as normas do DNIT (2017).

No Brasil, de acordo com o DNIT (2017), os revestimentos asfálticos mais utilizados são: concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), o pré-misturado a frio (PMF), tratamento superficial (TS), enquanto que o microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF) e a lama asfáltica (LA), sendo misturas fluidas usinadas móveis, são muito utilizadas na conservação e proteção de pavimentos existentes. Já o tratamentamento superficial duplo e o microrrevestimento passou a ser indicado e executado nos últimos anos nas obras de restauração da GOINFRA (Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes) como solução de revestimento, conforme projetos desenvolvidos pela a própria Agência nos segmentos viários estaduais com baixo volume de tráfego.

As vias pavimentadas representam um importante investimento para a sociedade, portanto, devem ser preservadas. Na rodovia GO- 154, optou-se em seu projeto de restauração, pela utilização da técnica tratamento superficial duplo-tsd e microrrevestimento, que foi executada pela GOINFRA, entendendo ser uma solução mais adequada e econômica para garantir uma melhor vida útil durante sua operação.

1.1. JUSTIFICATIVA DO TEMA

Sabendo que a maioria das rodovias estaduais em Goiás apresenta baixo volume de tráfego, conforme informações obtidas na GOINFRA (2018), em especial nos dados de tráfego utilizados em projetos novos e de restauração, notou-se a importância da preservação das rodovias. A técnica do revestimento asfáltico combinado de TSD e microrrevestimento se tornou uma solução prática e viável nos projetos devido ao seu melhor desempenho em relação ao próprio tratamento superficial executado isoladamente.

O presente estudo visa avaliar esta técnica, como uma solução viável nas rodovias em Goiás, seja em projetos novos de pavimentação como nas reconstruções de rodovias degradadas. A intenção é estudar esta técnica utilizada na reconstrução de rodovias, substituindo o revestimento anterior que era somente de TSD, procurando conhecer as vantagens de fazer esta escolha.

1.2. OBJETIVOS

Neste item serão abordados o objetivo geral e específicos.

1.2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral estudar a técnica do revestimento asfáltico combinado de TSD e microrrevestimento como solução de revestimento em pavimentos asfálticos em restauração, a fim de verificar seu desempenho em rodovias de baixo volume de tráfego.

1.2.2. Objetivos específicos

Visando atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a técnica do revestimento combinado de TSD e microrrevestimento como solução de revestimento asfáltico em pavimentos rodoviários;

- Avaliar, por meio de visita *in loco*, o comportamento de pavimento executado após a liberação para a operação. Neste caso, o estudo focará o trecho da GO-154 entre a GO-070 e Itaguari;
- Investigar e analisar os benefícios técnicos desta solução em relação ao TSD convencional.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos, com foco na separação estratégica do conteúdo, organizado da seguinte forma.

No capítulo 1, Introdução, é abordado toda a contextualização do tema e a justificativa, os objetivos gerais e específicos, além da sua estrutura textual.

Em seguida, no capítulo 2, intitulado Revisão da Literatura, estão descritas a definição de pavimento, os tipos de pavimentos viários utilizados no Brasil e as suas vantagens, priorizando os revestimentos asfálticos indicados e executados nos projetos de pavimentação rodoviária.

O capítulo 3 discorre acerca da metodologia adotada no presente trabalho, constando 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.

Após o desenho metodológico da pesquisa, já no capítulo 4, há a apresentação e análise dos dados obtidos. Neste capítulo são apresentados os dados da visita *in loco* do trecho e as análises pertinentes ao uso revestimento combinado de TSD e microrrevestimento.

Por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões do trabalho, levando em consideração todos os aspectos apresentados e os objetivos propostos.

2 . REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é feito uma abordagem da literatura sobre pavimentos rodoviários e suas camadas constitutivas, destacando os tipos de revestimentos utilizados nos projetos de pavimentação.

2.1. PAVIMENTO – CONCEITOS E ASPECTOS GERAIS

De acordo com Bernucci *et al.* (2010, p 30), 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.

Segundo o DNIT (2006), 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 (DNIT,2006), relaciona os pavimentos como: flexível, semirrígido e rígido.

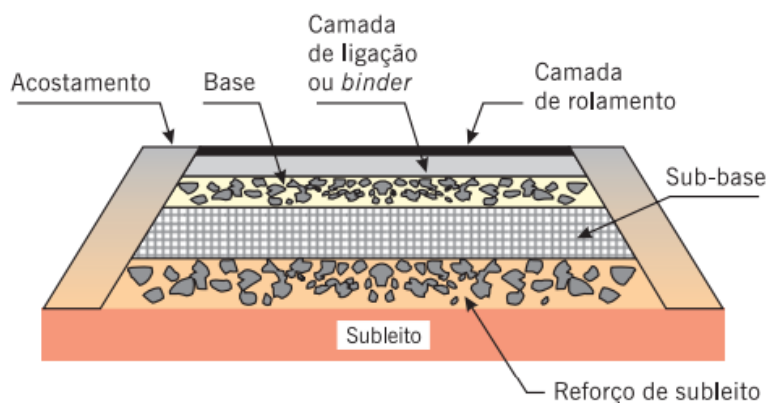
Os pavimentos flexíveis são aqueles em que sofrem deformação elástica em toda a sua extensão e suas camadas distribui a carga em parcelas equivalentes. Um exemplo típico de pavimento flexível é constituído por um revestimento betuminoso apoiado sobre camadas granulares. Há uma tendência de classificar o pavimento flexível em pavimento asfáltico.

O pavimento asfáltico, que é chamado de pavimento flexível, é formado por camadas de agregados e ligantes asfálticos. De acordo com a ABNT NBR 9191 (ABNT,2011), o pavimento asfáltico é caracterizado por sua flexibilidade, sofrendo uma deformação elástica das cargas de tráfego e a sua estrutura está dividida em camadas, que são base, sub-base e reforço do subleito, conforme a Figura 2.1.

Os principais tipos de pavimento asfáltico, são concreto betuminoso a quente (CBUQ),

tratamento superficial, microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF), lama asfáltica (LA) e *cape seal* (DNIT, 2006).

Figura 2.1 - pavimento flexível

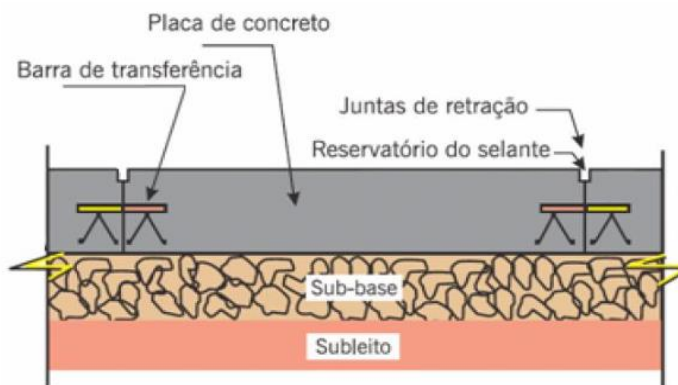


Fonte: Bernucci *et al.*, 2010.

Já os pavimentos semirrígidos caracterizam-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, conforme a Figura 2.2.

Pavimento rígido é um pavimento composto por placas de concreto de cimento Portland. De acordo com a ABNT NBR 7182 (ABNT,2016), que trata sobre a compactação do solo para a pavimentação, mostra que o pavimento rígido tem uma rigidez estrutural, que reduz as tensões sobre o solo, pois há uma distribuição das cargas do tráfego sobre uma área maior do subleito. As vantagens do pavimento rígido são menor necessidade de manutenção, maior durabilidade e maior resistência.

Figura 2.2 - 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. As camadas são subleito, reforço do subleito, sub-base, base e o revestimento 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). Conforme Senço (2007), o subleito é o terreno natural e de fundação para a estrutura do pavimento, que deve apresentar as características definitivas do projeto como a inclinação de cada sentido da pista.

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 manual do DNIT (2006), é a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, que serve para regularizar a espessura da sub-base.

Conforme Pinto (2010), o solo argiloso com excelentes características físicas de elevada resistência, é geralmente o material escolhido do reforço do sub-leito, pois com essas qualidades, devem dar ao reforço melhores condições de suporte do que as do sub-leito.

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 (DNIT, 2006).

A mesma pode consistir de uma ou mais camadas de material apropriadamente compactado, que deve ter estabilidade e capacidade de suporte e ótima capacidade para drenar água acumulada. O uso de materiais granulares ou estabilizados tem sido o mais frequente (Pinto, 2010).

De acordo com Pinto (2010), a sub-base possui funções, como, prevenir a intrusão ou bombeamento do solo do subleito na base, prevenir o acúmulo de água livre no pavimento e

proporcionar uma plataforma de trabalho para equipamentos pesados na fase de construção do pavimento.

A base é encarregada de oferecer suporte estrutural do pavimento, além de dissipar as cargas para as próximas camadas, diminuindo impacto. A principal camada do pavimento, deve ser executada com perfeição. De acordo com o DNIT (2006), 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: 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.

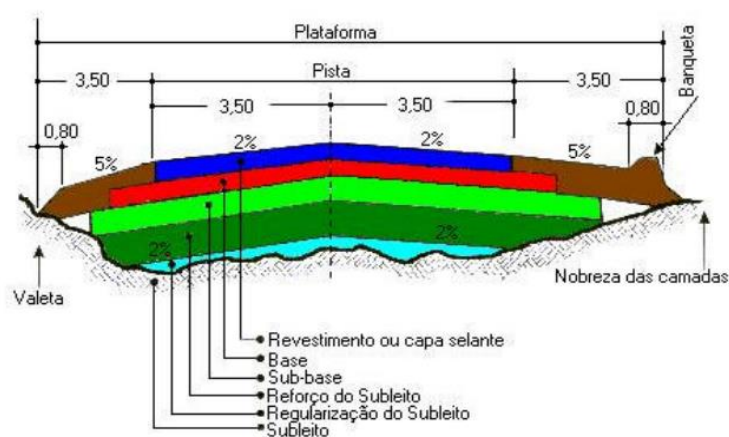
O outro modelo de base é do tipo estabilizada é utilizado aditivos para conseguir a resistência esperada da camada, segue abaixo as técnicas para a obtenção desse modelo

- 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, conforme a Figura 2.3. 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.

Conforme Bernucci (2010), os revestimentos asfálticos, são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser por penetração ou por mistura. Por penetração, é executado por uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados. Por mistura, o agregado é pré-envolvido com material asfáltico.

Figura 2.3 – Seção transversal de um pavimento



Fonte: DNIT, 2006.

2.2. TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Os pavimentos asfálticos representam uma das soluções mais empregadas na infraestrutura viária, especialmente devido à sua flexibilidade, facilidade de execução e manutenção, além de seu bom desempenho estrutural e funcional (Bernucci *et al.*, 2008). Eles são compostos por camadas estruturais de agregados minerais e ligantes betuminosos, sendo classificados principalmente de acordo com a tecnologia utilizada na mistura e na aplicação do ligante.

2.2.1. Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)

O concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é o revestimento asfáltico mais utilizado no Brasil (DNIT, 2006), executado em rodovias, aeroportos e vias urbanas. É

composto por agregados minerais (agregado miúdo, agregado graúdo) e ligantes asfálticos, sendo misturados em usinas de asfalto, com temperaturas entre 150° e 180° C.

O CBUQ possui resistência mecânica, suportando tráfego intenso, durabilidade, resistindo á ação do clima e proporciona segurança aos veículos, por conta da sua textura superficial.

O principal ligante utilizado para a fabricação do CBUQ é cimento asfáltico de petróleo (CAP), que é um material derivado do petróleo, obtido a partir do refino do petróleo bruto, atuando assim como um aglutinante. De acordo com o DNIT, as propriedades físicas são viscosidade e penetração e são aplicados com ajuda de máquinas, conforme a figura 2.4 e a figura 2.5.

Segundo a ES – 031/DNIT (DNIT,2024), o concreto asfáltico, somente deve ser produzido, transportado e aplicado quando a temperatura da superfície da pista for superior a 10° C, para as espessuras de concreto asfáltico inferiores á 3 cm, a superfície da pista deverá apresentar temperatura superior a 15° C.

Figura 2.4 – aplicação de CBUQ



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Ainda conforme a ABEDA (Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Alfalto), há quatro tipos de CAPs classificados por sua penetração, que são CAP 30/45, CAP 50/70, CAP 85/100 E CAP 150/200.

Figura 2.5 – aplicação de CBUQ



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

De acordo a ES – 031/DNIT (2024), o concreto asfáltico deve satisfazer o que foi estabelecido na dosagem quanto à combinação dos agregados, ao tipo e ao teor de CAP, empregando a mesma refinaria indicada (se houver indicação) e as mesmas fontes de agregados e a faixa granulométrica deve ser selecionada em função da camada a ser executada, de acordo com o Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Faixas granulométricas para concreto asfáltico

Peneira de malha quadrada		% passante, em massa			
		Faixas			
ASTM	Abertura (mm)	A-25	B-19	C-12,5	D-9,5
1 ½"	38,1	100	-	-	-
1"	25,4	90 - 100	100	-	-
¾"	19,1	75 - 89	90 - 100	100	-
½"	12,7	58 - 78	70 - 89	90 - 100	100
⅜"	9,5	48 - 71	55 - 82	73 - 89	90 - 100
¼"	6,3	35 - 61	42 - 70	53 - 78	65 - 89
Nº 4	4,8	29 - 55	35 - 63	44 - 72	53 - 83
Nº 8	2,36	19 - 45	23 - 49	28 - 58	32 - 67
Nº 16	1,18	13 - 36	16 - 37	17 - 45	20 - 52
Nº 30	0,60	9 - 28	10 - 28	11 - 35	13 - 40
Nº 50	0,30	5 - 21	6 - 20	6 - 25	8 - 29
Nº 100	0,150	2 - 14	4 - 13	3 - 17	4 - 19
Nº 200	0,075	1 - 7	2 - 8	2 - 10	2 - 10

Fonte: DNIT, 2024.

2.2.2. Tratamento superficial

Segundo a Abeda (2010), o termo tratamento de superfície engloba uma grande variedade de serviços rodoviários, o ligante asfáltico e os materiais pétreos são aplicados em espessuras inferiores a 25 mm, sobre bases granulares ou pavimentos estruturalmente adequados.

A principal vantagem do tratamento superficial, é proporcionar uma superfície rugosa e resistente, que é uma superfície ideal para rodovias de menor tráfego. Além de proporcionar uma superfície rugosa e resistente, possui uma alta durabilidade, um custo baixo para ser aplicado em comparação ao CBUQ, impermeabilização, manutenção preventiva, selagem de fissuras e rejuvenescimento.

Ainda conforme a Abeda (2010), os principais tipos de revestimento do grupo de tratamento superficial, são tratamento superficial por penetração (TSP), tratamento antipó (TAP), lama asfáltica (LA), microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF) e *cape seal*.

2.2.2.1. Tratamento superficial por penetração (TSP)

Como proposto por Larsen (1985), o tratamento superficial por penetração é o revestimento flexível de pequena espessura, executado por espalhamento sucessivo de ligante betuminoso e agregado, em operação simples ou múltipla.

Segundo a Abeda (2010), o tratamento superficial por penetração, é um revestimento flexível de pequena espessura, entre 0,5 cm a 2,5 cm e é executado por espalhamento sucessivo de emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida, como RR-2C, convencional ou modificada por polímeros, seguido da aplicação de material granular.

De acordo com o DNIT (2012), os materiais empregados em tratamentos superficiais, devem possuir emulsão de ruptura rápida, preferencialmente RR-2C, por conta de ter reações mais rápidas para a proteção e execução do pavimento.

Conforme Balbo (2007), o TSP, é um revestimento delgado constituído por asfalto e agregados, executado sobre a base ou sobre o revestimento existente de um pavimento.

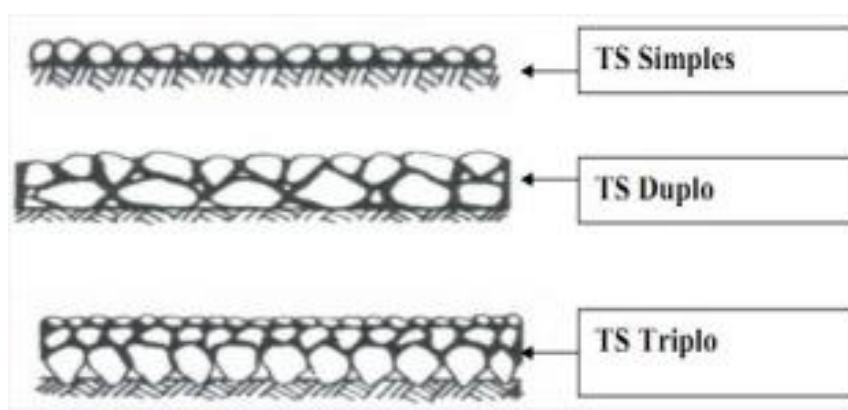
Ainda como proposto pela ABEDA (2010), os tratamentos Superficiais por penetração viabilizam a confecção de camadas de rolamento esbeltas na medida da exigência estrutural requerida pelo volume de tráfego, minimizando os investimentos iniciais.

Os tratamentos superficiais por penetração são utilizados como revestimentos de vias

e rodovias implantadas segundo a ótica de pavimentação por etapas, com o objetivo de massificar os benefícios socioeconômicos proporcionados pela pavimentação pioneira de custos otimizados (ABEDA, 2010).

O tratamento superficial por penetração é classificado em simples, duplo e triplo, de acordo com o número de camadas aplicadas de maneira sucessivas, como mostrado na Figura 2.6.

Figura 2.6 – classificação do TSP



Fonte: construção de rodovias e manutenção(DNIT,2011)

De acordo com a ABEDA (2010), as vantagens do tratamento superficial são:

- a) Excelente relação custo-benefício;
- b) Atendimento integral aos requisitos de segurança estabelecidos pelos órgãos rodoviários para circulação de veículos sob condições climáticas adversas (chuvas intensas) em razão de elevada capacidade de drenagem superficial, expressiva resistência à derrapagem, redução do spray e incremento da eficiência da sinalização;
- c) Simplicidade e economia do processo executivo resultantes da utilização de equipamentos (espargidor de ligante, distribuidor de agregado e vassoura mecânica) de fácil operação e baixo custo de aquisição/operação/manutenção;
- d) Facilidade de implementação das atividades de treinamento de pessoal e de realização do controle tecnológico do serviço (basicamente, verificação da taxa de emulsão asfáltica e de agregado), sem envolver recursos financeiros expressivos;
- e) A utilização de emulsões asfálticas modificadas por polímeros elastoméricos em tratamentos superficiais por penetração aumenta seu desempenho e vida útil em razão de conferir maior resistência e flexibilidade às ações do tráfego e do clima comparativamente aos

tratamentos superficiais convencionais.

2.2.2.2. Tratamento superficial simples (TSS)

Segundo a ES – 146/DNIT (DNIT,2012), tratamento superficial simples(TSS) é a camada de revestimento do pavimento constituída de uma aplicação de ligante asfáltico coberta por uma camada de agregado mineral submetida à compressão, conforme a Figura 2.7.

O TSS inicia-se pela aplicação do ligante, sendo recoberto em seguida, por uma única camada de agregado, assim, o ligante penetra de baixo para cima no agregado.

Os ligantes utilizados para o tratamento superficial simples, são cimentos asfálticos CAP -150/200 e emulsão asfáltico, tipo RR-2C, que deve obedecer às exigências das normas DNIT 095/2006 - EM e DNER – EM 369/97.

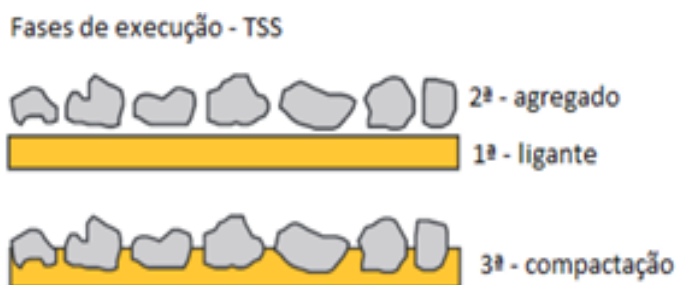
Ainda conforme a ES – 146/DNIT (DNIT, 2012), os agregados podem ser pedra, cascalho ou seixo rolado, britados. Devem consistir de partículas limpas, duras, resistentes, isentas de torrões de argila e substâncias nocivas, obedecendo as faixas constantes no Quadro 2.2 de granulometria dos agregados.

Quadro 2.2 – granulometria dos agregados para o TSS

Peneiras		Faixas		Tolerância da faixa de projeto
Malha	mm	A	B	
1/2"	12,7	100	-	±7
3/8"	9,5	85-100	100	±7
Nº 4	4,8	10-30	85-100	±5
Nº 10	2,0	0-10	10-40	±5
Nº 200	0,074	0-2	0-2	±2

Fonte: DNIT, 2012.

Figura 2.7 – Fases da execução do TSS



Fonte : Bernucci, 2008.

2.2.2.3. Tratamento superficial duplo (TSD)

De acordo com a ES – 147/DNIT (2012), tratamento superficial duplo é a camada de revestimento constituída por duas aplicações de ligante asfáltico, cada uma coberta por camada de agregado mineral e submetida à compressão, conforme a Figura 2.8.

Os ligantes utilizados para o tratamento superficial simples, são cimentos asfálticos CAP -150/200 e emulsão asfáltico, tipo RR-2C, que deve obedecer às exigências das normas DNIT 095/2006 - EM e DNER – EM 369/97.

Segundo a ES – 147/DNIT (2012), os agregados podem ser pedra, cascalho ou seixo rolado, britados. Devem consistir em partículas limpas, duras, resistentes, isentas de torrões de argila e substâncias nocivas, obedecendo as faixas constantes no Quadro 2.3 de granulometria dos agregados.

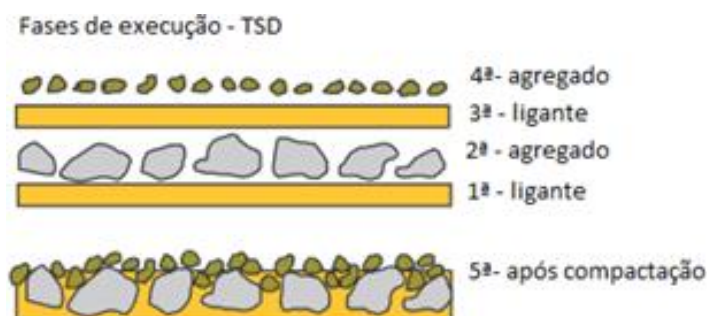
Quadro 2.3 – granulometria dos agregados para o TSD

Quadro 2.5 – granulometria dos agregados para o FSD

Peneiras		% passando, em peso			Tolerâncias da faixa de projeto
Malha	mm	1ª camada	2ª camada		
		A	B	C	
1"	25,4	100	-	-	± 7
¾"	19,0	90-100	-	-	± 7
½"	12,7	20-55	100	-	± 7
3/8"	9,5	0-15	85-100	100	± 7
Nº 4	4,8	0-5	10-30	85-100	± 5
Nº 10	2,0	-	0-10	10-40	± 5
Nº 200	0,074	0-2	0-2	0-2	± 2

Fonte: ES- 147 /DNIT, 2012.

Figura 2.8: Fases da execução do TSD



Fonte: Bernucci, 2008.

2.2.2.4. Tratamento superficial triplo (TST)

De acordo com a ES – 148/DNIT (2012), tratamento superficial triplo é a camada de revestimento constituída por três aplicações de ligante asfáltico, cada uma coberta por camada de agregado mineral e submetida à compressão.

Ainda conforme a ES – 147/DNIT (2012), os agregados podem ser pedra, cascalho ou seixo rolado, britados. Devem consistir em partículas limpas, duras, resistentes, isentas de torrões de argila e substâncias nocivas, obedecendo as faixas constantes no Quadro 2.4 de granulometria dos agregados.

Quadro 2.4 – granulometria dos agregados para o TST

Quadro 2.4 – granulometria dos agregados para o T31

Peneiras		% passando, em peso			Tolerâncias da faixa de projeto
Malha	mm	1ª camada	2ª camada		
		A	B	C	
1"	25,4	100	-	-	± 7
¾"	19,0	90-100	-	-	± 7
½"	12,7	20-55	100	-	± 7
3/8"	9,5	0-15	85-100	100	± 7
Nº 4	4,8	0-5	10-30	85-100	± 5
Nº 10	2,0	-	0-10	10-40	± 5
Nº 200	0,074	0-2	0-2	0-2	± 2

Fonte: ES -148/DNIT (2012)

2.2.2.5. Lama asfáltica (LA)

Segundo a definição apresentada pela ABEDA (2010), a lama asfáltica é uma associação, com consistência fluída, de agregados minerais, material de enchimento(fíler), emulsão asfáltica catiônicas tipas LA- 1C, LAN ou ruptura controlada e água, uniformemente misturada e espalhada por equipamento próprio no local, a temperatura ambiente.

De acordo com a ES – 150/DNIT (2010), a lama asfáltica pode ser empregada como camada de selagem, impermeabilização e na conservação de pavimentos e podem ser empregados aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão na lama asfáltica.

Conforme Balbo (2007), LA, é uma mistura bastante fluida de agregados miúdos, material de enchimento (fíler) e ligante asfáltico, com granulometria 100 % de pó-de-pedra, com espessura de 5 mm.

A composição granulométrica da mistura de agregados deve satisfazer os requisitos no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 – granulometria da mistura dos agregados para a lama asfáltica

Peneiras de Malha Quadrada		Faixas Granulométricas			Tolerâncias
		% em Massa Passando			
		I	II	III	
ASTM	mm				
½"	12,5	-	-	100	
3/8"	9,5	-	100	85 – 100	± 5%
n° 4	4,8	100	85 – 100	60 – 87	± 5%
n° 8	2,4	80 – 100	65 – 90	40 – 60	± 5%
N° 16	1,2	50 – 90	45 – 75	28 – 45	± 5%
n° 30	0,6	30 – 60	30 – 50	19 – 34	± 5%
N° 50	0,3	20 – 45	18 – 30	14 – 25	± 5%
N° 100	0,15	10 – 25	10 – 21	8 – 17	± 3%
N° 200	0,074	5 – 15	5 – 15	4 – 8	± 2%
Teor de emulsão - ligante residual (% em peso do agregado seco)		14 – 20	12 - 16	8 -12	
Fíler (% em peso do agregado seco)		0 -2	0 – 2	0 – 2	
Taxa de aplicação de agregado (kg/m²)		2,0 – 8,0	8 – 13	16 - 25	
Água de molhagem (% em peso do agregado seco)		7 - 14	7 – 10	5 – 8	
Textura		Fina a Média	Grossa	Muito Grossa	
Consumo da mistura (l/m²)		4	9	12	± 10%

Fonte: ES -150/DNIT, 2010.

De acordo com a ABEDA (2010), as vantagens da lama asfáltica, são:

- a) fácil execução e elevada produtividade;
- b) minimiza a frequência de interdição da via para grandes manutenções;
- c) reduz a perda de agregados pela passagem do tráfego;
- d) gera textura superficial apropriada para pinturas de sinalização;
- e) corrige pequenas irregularidades superficiais;
- f) impermeabiliza a superfície do revestimento, impedindo a entrada de água para as camadas subjacentes;
- g) minimiza as repercussões junto aos dispositivos de drenagem (meio-fio, boca de lobo etc.), bem como aos passeios, comparativamente a outras soluções de restauração;
- h) rejuvenesce a textura, melhorando as características estéticas e, principalmente, antiderrapantes em vias urbanas e secundárias.

2.2.2.6. Microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF)

De acordo com a ES – 035/DNIT (2018), microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF), consiste na associação de agregados, material de enchimento(filler), emulsão asfáltica de ruptura controlada modificada por polímero elastomérico, água e aditivos, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.

O microrrevestimento asfáltico deve ser executado por uma usina móvel, conforme a Figura 2.9, que atenda as exigências da norma ES – 035/DNIT (2018), como ter caixa distribuidora, chassi, sistema de circulação, silo para o agregado miúdo, depósitos separados para a água, emulsão asfáltica e aditivos, sistema misturador, filler e um sistema de circulação e alimentação do ligante asfáltico.

Segundo Balbo (2007), o microrrevestimento asfáltico a frio, é uma argamassa pré-misturada que possuem cerca de 40% de pedrisco, sendo normalmente elaborados com emulsões de asfaltos modificados com polímeros e suas espessuras variam entre 8 mm e 20 mm.

Conforme Ceratti e Reis (2010), o microrrevestimento asfáltico a frio, é uma evolução da lama asfáltica, mas emprega equipamentos e controles de alta qualidade. Defini-se o MRAF, como uma mistura asfáltica a frio, composta por emulsão catiônica elastomérica e de rupturada controlada, agregados britados de alta qualidade, fíler mineral e de água, aplicada e

uniformemente espalhada sobre uma superfície preparada.

Figura 2.9 – Usina móvel de microrrevestimento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O MRAF deve ser aplicado em uma velocidade uniforme, em condições normais de tempo, sem chuva, entre 10° C e 40° C e com sinalizações de segurança da equipe de aplicação, para a proteção do tráfego e da equipe.

De acordo com a ABEDA (2010), as principais vantagens do microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF), são:

- a) Apresenta durabilidade superior à da lama asfáltica convencional;
- b) Oferece boas condições de drenagem superficial de aderência pneu-pavimento e de uniformidade da superfície de rolamento melhorando a visibilidade do usuário;
- c) Corrige os defeitos superficiais, através do enchimento das trilhas de roda e selagem das trincas;
- d) Reduz a espessura do revestimento asfáltico de reforço estrutural;
- e) Preserva a estrutura do pavimento em função da diminuição da entrada de água e ar no pavimento;
- f) Alta produtividade e mínima perturbação ao tráfego, rapidez na execução e liberação dos serviços;
- g) Geralmente, não necessita de pintura de ligação, apresentando excelente adesão ao pavimento;
- h) Melhoria das condições de segurança, meio ambiente e saúde (SMS), por ser uma técnica empregada a temperatura ambiente, não conter solventes derivados de petróleo e sem

riscos de explosões.

Durante a aplicação do microrrevestimento, pode ocorrer falhas, como irregularidade na emenda de faixas e escassez ou excesso de massa, que devem ser corrigidas após a aplicação.

De acordo com a ES – 035/DNIT (2018), a escassez de massa é corrigida com adição de massa e os excessos de massa, é corrigido com a retirada de massa, por meios de rodos de madeira ou de borracha.

Conforme a ABEDA (2010), a manutenção preventiva é o principal campo da aplicação do MRAF, que consiste na conservação de pavimentos que necessitam de rejuvenescimento e melhoria das condições de aderência pneu- pavimento e pode ser utilizado, como camada intermediária para a redução da espessura de reforço, assim, selando fissuras e trincas.

As principais diferenças entre a lama asfáltica, é a dispensa da areia lavada (agregado miúdo), exigindo agregados de qualidade superior e é empregado apenas a emulsão asfáltica de ruptura controlada, modificada por polímeros do tipo RC1C-E (Bernucci, 2010). Ceratti e Reis (2011) elaboraram o Quadro 2.6, uma comparação entre a Lama Asfáltica e o MRAF.

Quadro 2.6- diferenças entre as técnicas de lama asfáltica e MRAF

Lama Asfáltica convencional	MRAF
Admite agregados não britados	Exige agregados mais grossos, 100% britados e de melhor qualidade
Utiliza emulsão asfáltica de ruptura lenta	Utiliza emulsão asfáltica elastomérica e de ruptura controlada
A cura depende das condições climáticas	A cura é química e menos dependente das condições climáticas
A abertura ao tráfego é lenta	A liberação ao tráfego é controlada
Utilizada principalmente como camada selante e rejuvenescedora em vias de baixo e médio volume de tráfego	Utilizado como camada antiderrapante e de regularização para qualquer categoria de tráfego
Apresenta vida útil média de 3 a 5 anos	Apresenta vida útil de 5 a 8 anos
Exige um longo tempo de interdição da pista (mínimo de 4 horas)	Interdição mínima de tempo da rodovia (em média 1 hora)
Baixo rendimento na execução devido às condições climáticas	Alto rendimento na execução
Dependendo do substrato, exigem aplicação de pintura de ligação	Apresenta ótima adesão ao pavimento existente

Fonte: Ceratti e Reis, 2011.

A composição granulométrica da mistura de agregados, deve obedecer aos requisitos do Quadro 2.7:

Quadro 2.7 -Granulometria da mistura do MRAF

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso			Tolerância da curva de projeto (%)
Peneiras		Faixa I	Faixa II	Faixa III	
Nome	Abertura, mm				
½"	12,5	-	-	100	-
3/8"	9,5	100	100	85 - 100	± 5
nº 4	4,75	90 - 100	70 - 90	60 - 87	± 5
nº 8	2,36	65 - 90	45 - 70	40 - 60	± 5
nº 16	1,18	45 - 70	28 - 50	28 - 45	± 5
nº 30	0,60	30 - 50	19 - 34	19 - 34	± 5
nº 50	0,33	18 - 30	12 - 25	14 - 25	± 5
nº 100	0,15	10 - 21	7 - 18	8 - 17	± 3
nº 200	0,075	5 - 15	5 - 15	4 - 8	± 2
Asfalto residual	% em peso do agregado	7,5 - 13,5	6,5 - 12,0	5,5 - 7,5	± 0,2
Filler	% em peso do agregado	0 - 3	0 - 3	0 - 3	-
Taxa de aplicação	Kg/m²	5 - 11	8 - 16	15 - 30	-
Espessura (mm)	-	4 - 15	6 - 20	12 - 37	-
Utilização		Rodovias de média intensidade de tráfego e aeroportos.	Rodovias de tráfego pesado, Trilhas de Roda, camada de texturização ou nivelamento.	Rodovias de tráfego pesado, Trilhas de Roda, camada de texturização ou nivelamento. Normalmente executada em duas camadas	-

NOTA: As tolerâncias constantes do quadro são permitidas desde que os limites da faixa de projeto não sejam ultrapassados.

Fonte: ES-035/DNIT, 2018.

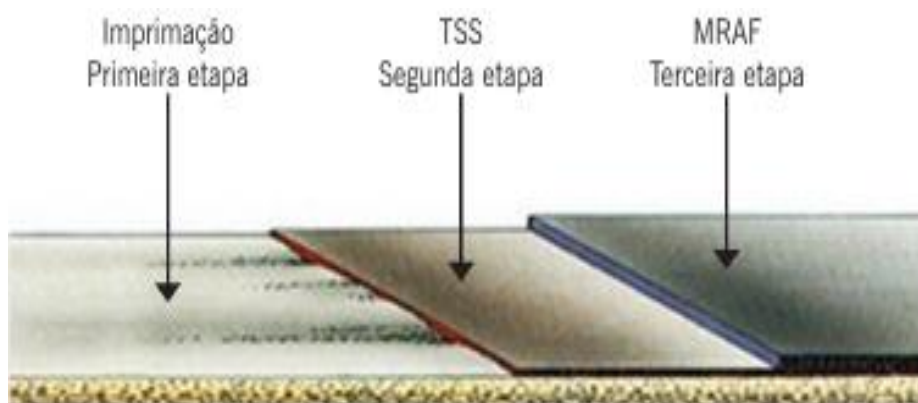
2.2.2.7. Cape seal

Conforme a ABEDA (2010), *cape seal* é um revestimento delgado, onde são aplicadas duas técnicas de pavimentação asfáltica em conjunto, que são o tratamento superficial simples (TSS) e o microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF).

O tratamento superficial simples (TSS), com agregados com diâmetro variando entre 9 mm a 13 mm, é aplicado com uma camada, com característica de reabilitação e flexibilidade (DNIT- 2012). O microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF) é aplicado em seguida, como uma selagem, promovendo impermeabilização e rugosidade, afim de garantir o conforto e segurança ao rolamento da pista, como está descrito na Figura 2.10.

O *cape seal* é aplicado para a reabilitação de pavimentos sujeitos a tráfego leve, médio ou pesado e pode ser utilizado para a construção de novas rodovias e vias urbanas (ABEDA,2010).

Figura 2.10: sequência da aplicação do *cape seal*.



Fonte: ABEDA, 2010.

De acordo com a ABEDA(2010), as vantagens da técnica *cape seal*, são:

- a) Durabilidade;
- b) Resistência à derrapagem;
- c) Redução de ruído;
- d) Acabamento uniforme;
- e) Maior eficiência da sinalização horizontal;
- f) Economia;

O desempenho do *cape seal*, depende da qualidade das emulsões asfálticas e a seleção dos agregados, que devem atender às especificações do tratamento superficial simples e do microrrevestimento asfáltico a frio.

Para o TSS, a emulsão indicada é a emulsão elastomérica do tipo RR2C-E, tendo uma grande adesividade aos agregados, viscosidade que envolva o agregado e não escorra e com tempo de ruptura e cura para posterior aplicação do MRAF.

Para o MRAF, a emulsão indicada é a emulsão elastomérica de ruptura controlada (RC1C-E), que proporciona uma fluidez adequada e preenche os vazios do TSS.

Conforme Scherer (2015), pode-se aplicar o *cape seal* tanto em pavimentos novos e em casos de recuperação asfáltica, porém, em pavimentos novos, deve realizar antes, a aplicação da imprimação e uma varredura da pista imprimada.

2.2.2.8. Tratamento antipó (TAP)

De acordo com a ABEDA (2010), o tratamento antipó (TAP), que pode ser chamado de tratamento para a eliminação de poeira, consiste no espalhamento de emulsão asfáltica catiônica, que será coberta por uma camada de agregado mineral ou saibro, sobre uma superfície não pavimentada, com a finalidade de evitar a propagação do pó. É utilizada em rodovias urbanas ou rurais com leito natural ou dotados de revestimentos primários.

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 setembro de 2024 e se prolongaram durante todo o semestre letivo. Em seguida, elaborou-se o referencial teórico do trabalho proposto, constante do Capítulo 2.

Na segunda etapa do trabalho, foi feito o estudo de caso da técnica utilizada na recuperação da rodovia GO-154, utilizando informações obtidas da GOINFRA durante a execução e observações *in loco*, através do Levantamento Visual Contínuo (LVC) do estado de conservação e operação atual, baseada na IP-06/2018 GOINFRA – LVC.

Convêm ressaltar que o trecho em estudo foi executado em meados de 2014, conforme a GOINFRA, cujas soluções de projeto estão elencadas no item 4.1 do capítulo 4. As Figuras 3.1 e 3.2 mostram a situação do trecho no mapa rodoviário de Goiás.

Figura 3.1 : Mapa rodoviário estadual da GO – 154



Fonte: GOINFRA (2025).

Figura 3.2 : Mapa rodoviário com imagens de satélite da rodovia GO – 154



Fonte: GOINFRA (2025).

Para o levantamento de dados da situação atual do trecho em estudo foi aplicado a Instrução de Projeto Rodoviário IP-06/2018 da GOINFRA, que orienta como deve ser feito o Levantamento Visual Contínuo (LVC) para avaliar a condição de pavimentos flexíveis em um trecho rodoviário específico. O objetivo é identificar os tipos de defeitos superficiais (aqueles que atingem somente o revestimento) e profundos (aqueles que atingem a estrutura do pavimento, base, sub-base e subleito), calcular os índices de desempenho (ICPF, IGGE, IES) e propor medidas de manutenção adequadas.

O trecho rodoviário da GO-154 entre GO-070/ ITAGUARI contempla os respectivos segmentos do Sistema Rodoviário Estadual de Goiás (SRE), conforme Quadro 3.1.

Quadro 3.1 : Segmentos do SRE atendidos com a solução combinada de TSD e microrrevestimento

INICIO:								
154EGO0110	Entr. GO-070/	km 9,5	trevo para Taquaral					
154EGO0130	km 9,5 trevo para Taquaral/	km 14,4	trevo GO-330 para Santa Rosa de Goiás					
154EGO0150	km 14,4 trevo GO-330 para Santa Rosa de Goiás/	km 24,0	início de pista dupla em Itaguari					
154EGO0165	km 24,0 início de pista dupla em Itaguari/	Fim da pista dupla em Itaguari						
FIM:								

Fonte: GOINFRA (2011).

A pesquisa foi de natureza aplicada e qualitativo-quantitativa, com abordagem técnico-descritiva, utilizando estudo de caso em campo, complementado por análise normativa e documental.

O levantamento foi realizado com base na IP-06/2018 GOINFRA. A inspeção foi feita visualmente do interior de um veículo em movimento constante, com preenchimento do formulário padrão de avaliação (Anexo B da norma – Quadro 3.2). A via foi dividida em segmentos de 1 km, conforme recomendação da norma.

Foram avaliados os seguintes defeitos:

- **Trincas (isoladas, interligadas):** É uma fenda existente no revestimento;
- **Afundamentos (plástico e de consolidação):** É uma deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento;
- **Panelas (buracos):** Cavidade que se forma no revestimento por falta de aderência, por falta de manutenção e por péssimas execuções;
- **Remendos:** É a correção, em área localizada, de defeito do pavimento;
- **Ondulações:** Deformação caracterizada por irregularidades longitudinais ou transversais, com pequenos comprimentos de onda e amplitude irregular;
- **Escorregamentos:** Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento;
- **Exsudação do ligante:** Excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento.
- **Desgaste superficial:** Efeito do arrancamento progressivo do ligante e do agregado do pavimento;

Os dados observados incluíram frequência e gravidade dos defeitos.

Para melhor identificação da situação de degradação do trecho em questão, optou-se por fazê-lo nos dois sentidos da pista simples, sentido Itaguari/GO-070 e sentido GO 070/Itaguari em segmentos de 1 km, conforme recomendado pela norma. Segmentos com extensão maior só são definidos em casos de comprovada homogeneidade das condições do pavimento. Cada segmento foi referenciado por odômetro e por marcos quilométricos, assegurando precisão na localização dos defeitos.

Com base nos dados coletados, foram calculados os seguintes indicadores técnicos:

Quadro 3.2: Formulário de levantamento visual contínuo

[illegible]

Fonte: Anexo B - IP-06 GOINFRA, 2018.

ICPF – Índice de Condição do Pavimento Flexível, atribuído subjetivamente por avaliadores experientes, com base no estado geral do segmento, conforme Quadro 3.3.

Quadro 3.3 : Conceito do ICPF

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA OU MICROREVESTIMENTO 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. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: IP-06 GOINFRA, 2018.

IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito, é feito pela média dos dados contidos no formulário de levantamento e anotado no Quadro 3.7, obtido por meio da equação:

$$IGGE=(Pt \times Ft)+(Poap \times Foap)+(Ppr \times Fpr)$$

Onde:

Pt e Ft: peso e frequência de trincas, conforme o Quadro 3.4;

Poap e Foap: peso e frequência de deformações, conforme o Quadro 3.5;

Ppr e Fpr: peso e frequência de panelas e remendos, conforme o Quadro 3.4;

Quadro 3.4 - Frequência de Defeitos

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

Fonte: IP-06 GOINFRA, 2018.

Quadro 3.5 : Determinação do índice de Gravidade

Panelas (P) e Remendos (R)		
FREQÜÊNCIA	Fator Fpr Quantidade/Km	GRAVIDADE
A - ALTA	≥ 5	3
M - MÉDIA	2 - 5	2
B - BAIXA	≤ 2	1
Demais defeitos (trincas, deformações)		
FREQÜÊNCIA	Fatores Ft e Foap (%)	GRAVIDADE
A - ALTA	≥ 50	3
M - MÉDIA	50 - 10	2
B - BAIXA	≤ 10	1

Fonte: IP-06 GOINFRA, 2018.

IES – Índice do Estado da Superfície, que combina os valores do ICPF e do IGGE, conforme o Quadro 3.6 que está na norma, gerando um conceito geral da condição da via e anotado no Quadro 3.8.

Quadro 3.6 : IES – Índice do Estado da Superfície do Pavimento

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		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: IP-06 GOINFRA, 2018.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Neste Capítulo são apresentados os dados obtidos do estudo de caso advindo do conhecimento do projeto e inspeções *in loco* no trecho da GO-154 entre a GO-070 e Itaguari, que analisou, por meio do LVC a situação atual do trecho em questão, em especial o revestimento utilizado na sua execução.

A visita *in loco*, foi realizada no dia 11 de Julho de 2025, onde se procedeu ao LVC nos dois sentidos da pista simples, com o propósito de identificar em função de origem/destino, a faixa de tráfego mais solicitada, utilizando um veículo automóvel com odômetro.

4.1. SOLUÇÕES DE PROJETO ADOTADAS CONFORME DADOS DA GOINFRA

A solução 1, Quadro 4.1, contempla 18,4 km dos 25,3 km, extensão total do trecho, enquanto a solução 2, Quadro 4.2, atende os 7,9 km restantes. Convém observar que para a execução dos serviços foram considerados todos os itens pertinentes à plena restauração do trecho, com intervenções de reparos gerais, bem como, reconstrução, quando necessário, ultimando o revestimento com a combinação de TSD e microrrevestimento, objeto deste estudo.

Quadro 4.1: Solução 1 do trecho ENTR. GO-070 / ITAGUARI

SOLUÇÃO 1:	18,4 km
Reparos localizados profundos em 3% da área	
Micro fresagem continua de 4cm em toda area com 8,0m de largura	
Imprimação em toda area	
TSD com emulsão polimerizada em toda largura de 8,0m	
Micro revestimento 0,8 mm na pista de rolamento com 7m de largura.	

Fonte: GOINFRA, 2018.

Quadro 4.2 : Solução 2 do trecho ENTR. GO-070 / ITAGUARI

SOLUÇÃO 2:	7,9 km
Reciclagem da base com recicladora e adição de 25% de brita 18cm	
Imprimação na área total	
TSD com emulsão polimerizada	
Micro revestimento 0,8 mm na pista de rolamento com 7m de largura.	

Fonte: GOINFRA, 2018.

4.2. LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO DO SENTIDO ITAGUARI – GO 070

O LVC foi feito com veículo automotor com velocidade constante, quantificando os defeitos superficiais e profundos, conforme o Quadro 3.2, foram anotados e colocados no Quadro 4.3.

Exemplo: no segmento 1, teve nove remendos e três afundamentos

Quadro 4.3: Formulário para levantamento visual contínuo (LVC)

ANEXO - A																			
FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO (LVC)																			
SERVIÇO:		LVC										KM:		Nº PISTA = 2 / LADO:		LE	LD	DIA / MÊS / ANO:	11/07/25
RODOVIA:		GO-154 - SENTIDO ITAGUARI - GO 070										INICIAL:	FINAL:	LARGURA DA PISTA:		3,50	3,50		
TRECHO:		Entr. GO-070 Fim da pista dupla em Itaguari										0,00	25,30	LARGURA DO ACOSTAMENTO:		0,50	0,50		
SENTIDO / TRÁFEGO:		CRESCENTE										Horário							
SEGMENTO:		Do Km 0 ao 25,3										INICIAL:	FINAL:						
EXTENSÃO:		25,300										10:00	11:05	VMD:		23			
Nº DO SEGMENTO	SEGMENTO:			FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B ou S)										ICPF	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES			OBSERVAÇÕES	
	ODÔMETRO (km)		EXTENSÃO (km)	P	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS				REVESTIMENTO	ESPESURA (cm)	IDADE		
	INÍCIO	FINAL			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E				ORIGINAL		RESTAURAÇÃO
001	0,00	1,00	1,000					9	3				4	TSD + MICRO			-	-	
002	1,00	2,00	1,000						11				2,6	TSD + MICRO			-		
003	2,00	3,00	1,000						12				3	TSD + MICRO			-		
004	3,00	4,00	1,000						9			1	3,5	TSD + MICRO			-		
005	4,00	5,00	1,000						5			2	4,2	TSD + MICRO			-	-	
006	5,00	6,00	1,000					1	11			2	2,5	TSD + MICRO			-		
007	6,00	7,00	1,000						1			4	5	TSD + MICRO			-		
008	7,00	8,00	1,000						4			3	5	TSD + MICRO			-		
009	8,00	9,00	1,000					1	5			4	4	TSD + MICRO			-		
010	9,00	10,00	1,000						3			5	4,6	TSD + MICRO			-		
011	10,00	11,00	1,000						2				5	TSD + MICRO			-		
012	11,00	12,00	1,000					1	2			1	4,7	TSD + MICRO			-		
013	12,00	13,00	1,000					1	3				4,8	TSD + MICRO			-		
014	13,00	14,00	1,000					2	4				4,7	TSD + MICRO			-		
015	14,00	15,00	1,000					4	4			3	4	TSD + MICRO			-		
016	15,00	16,00	1,000						11			8	3,2	TSD + MICRO			-		
017	16,00	17,00	1,000	1				4	5			5	3	TSD + MICRO			-		
018	17,00	18,00	1,000	1				3	10			4	2	TSD + MICRO			-		
019	18,00	19,00	1,000						4			7	3,2	TSD + MICRO			-		
020	19,00	20,00	1,000					3	4			3	3,4	TSD + MICRO			-		
021	20,00	21,00	1,000					1	4			6	3,1	TSD + MICRO			-		
022	21,00	22,00	1,000						1			4	4,5	TSD + MICRO			-		
023	22,00	23,00	1,000						1			9	3,3	TSD + MICRO			-		
024	23,00	24,00	1,000					3	5			10	3	TSD + MICRO			-		
025	24,00	25,00	1,000						1			7	3,7	TSD + MICRO			-		
026	25,00	26,00	1,000						2			3	4,6	TSD + MICRO			-		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.2.1. Frequência de Defeitos do Sentido Itaguari – GO 070

A frequência dos defeitos foi verificada conforme Quadro 3.4, conforme os dados obtidos no Quadro 4.3 e preenchidos e anotados no Quadro 4.4.

Exemplo: No segmento 1, em remendo, teve a frequência A, pois teve mais de cinco remendos.

Quadro 4.4: Frequência de defeitos do Sentido Itaguari – GO 070

FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO (LVC)																			
SERVIÇO:										KM:		Nº PISTA = 2 / LADO:		LE	LD	DIA / MÊS / ANO:	11/07/25		
RODOVIA:										INICIAL:	FINAL:	LARGURA DA PISTA:		3,50	3,50				
SRE:										0	25,30	LARGURA DO ACOSTAMENTO:		0,50	0,50				
SENTIDO / PERCURSO:										Horário									
SEGMENTO:										INICIAL:	FINAL:								
EXTENSÃO:										10:00	11:05	VMD:		23					
SEGMENTO:				FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B ou S)										INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES				OBSERVAÇÕES	
Nº DO SEGMENTO	ODOMETRO (km)		EXTENSÃO (km)	P	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			ICPF	REVESTIMENTO	ESPESSURA (cm)	IDADE		
	INÍCIO	FINAL			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E				ORIGINAL		RESTAURAÇÃO
001	0,000	1,000	1,000					A	B					4,00	TSD + MICRO			-	
002	1,000	2,000	1,000					B						2,60	TSD + MICRO			-	
003	2,000	3,000	1,000					B						3,00	TSD + MICRO			-	
004	3,000	4,000	1,000					B				B		3,50	TSD + MICRO			-	
005	4,000	5,000	1,000					B				B	B	4,20	TSD + MICRO			-	
006	5,000	6,000	1,000					B	B			B		2,50	TSD + MICRO			-	
007	6,000	7,000	1,000					B				B		5,00	TSD + MICRO			-	
008	7,000	8,000	1,000					B				B		5,00	TSD + MICRO			-	
009	8,000	9,000	1,000					B	B			B		4,00	TSD + MICRO			-	
010	9,000	10,000	1,000					B				B		4,60	TSD + MICRO			-	
011	10,000	11,000	1,000					B						5,00	TSD + MICRO			-	
012	11,000	12,000	1,000					B	B			B		4,70	TSD + MICRO			-	
013	12,000	13,000	1,000					B	B					4,80	TSD + MICRO			-	
014	13,000	14,000	1,000					B	B					4,70	TSD + MICRO			-	
015	14,000	15,000	1,000					M	B			B		4,00	TSD + MICRO			-	
016	15,000	16,000	1,000					B				B		3,20	TSD + MICRO			-	
017	16,000	17,000	1,000	B				M	B			B		3,00	TSD + MICRO			-	
018	17,000	18,000	1,000	B				M	B			B		2,00	TSD + MICRO			-	
019	18,000	19,000	1,000					B				B		3,20	TSD + MICRO			-	
020	19,000	20,000	1,000					M	B			B		3,40	TSD + MICRO			-	
021	20,000	21,000	1,000					B	B			B		3,10	TSD + MICRO			-	
022	21,000	22,000	1,000					B				B		4,50	TSD + MICRO			-	
023	22,000	23,000	1,000					B				B		3,30	TSD + MICRO			-	
024	23,000	24,000	1,000					M	B			B		3,00	TSD + MICRO			-	
025	24,000	25,000	1,000					B				B		3,70	TSD + MICRO			-	
026	25,000	26,000	1,000					B				B		4,60	TSD + MICRO			-	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.2.2. Cálculo do índice de gravidade global expedito – IGGE do Sentido Itaguari – GO 070

O cálculo do IGGE do sentido Itaguari – GO 070, foi anotado no quadro 4.5 obtido por meio da equação:

$$IGGE=(Pt\times Ft)+(Poap\times Foap)+(Ppr\times Fpr)$$

Onde:

Pt e Ft: peso e frequência de trincas, conforme o Quadro 4.4

Poap e Foap: peso e frequência de deformações, conforme o Quadro 4.4

Ppr e Fpr: peso e frequência de painéis e remendos, conforme o Quadro 4.4

Exemplo: No segmento 1, teve 9 remendos e 3 afudamentos

$$IGGE=(Pt\times Ft)+(Poap\times Foap)+(Ppr\times Fpr)$$

$$IGGE= (0\times 0) + (0,60 \times 0,15) + (9 \times 1)$$

$$IGGE= 9,09$$

Poap = Por ter gravidade 1

$$Foap = (3/ 1000) / (1 \text{ km} \times 2)$$

Fpr= 9 remendos

Ppr= Gravidade 3, é igual a 1

Quadro 4.5: índice de gravidade global expedito – IGGE do Sentido Itaguari – GO 070

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO - IGGE																
SERVIÇO: LVC									KM:		Nº PISTA = 2 / LADO:		LE	LD	DIA / MÊS / ANO:	11/07/25
RODOVIA: GO-154 - SENTIDO ITAGUARI - GO 070									INICIAL:	FINAL:	LARGURA DA PISTA:		3,50	3,50		
SRE: Entr. GO-070									0,00	25,30	LARGURA DO ACOSTAMENTO:		0,50	0,50		
SENTIDO / PERCURSO: CRESCENTE									Horário							
SEGMENTO: Do Km 0 ao 25,3									INICIAL:	FINAL:						
EXTENSÃO: 25,300 Km									10:00	11:05	VMD:		23			
SEGMENTO:				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			IGGE (Ftx Pt) + (Foap x Poap) + (Fpr x Ppr)			
Nº DO SEGMENTO	ODÔMETRO (km)		EXTENSÃO													
	INICIO	FINAL													Ft - %	Pt
001	0,000	1,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,15%	0,60	0,09	9,00	1,00	9,00	9,09			
002	1,000	2,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,28%	0,60	0,17	0,00	0,70	0,00	0,17			
003	2,000	3,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,20%	0,60	0,12	0,00	0,70	0,00	0,12			
004	3,000	4,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,11%	0,60	0,07	0,00	0,70	0,00	0,07			
005	4,000	5,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,05%	0,60	0,03	0,00	0,70	0,00	0,03			
006	5,000	6,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,09%	0,60	0,06	1,00	0,70	0,70	0,76			
007	6,000	7,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00			
008	7,000	8,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,03%	0,60	0,02	0,00	0,70	0,00	0,02			
009	8,000	9,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,03%	0,60	0,02	1,00	0,70	0,70	0,72			
010	9,000	10,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,02%	0,60	0,01	0,00	0,70	0,00	0,01			
011	10,000	11,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	0,00	0,70	0,00	0,01			
012	11,000	12,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	1,00	0,70	0,70	0,71			
013	12,000	13,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	1,00	0,70	0,70	0,71			
014	13,000	14,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	2,00	0,70	1,40	1,41			
015	14,000	15,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	4,00	0,80	3,20	3,21			
016	15,000	16,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,03%	0,60	0,02	0,00	0,70	0,00	0,02			
017	16,000	17,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	5,00	1,00	5,00	5,01			
018	17,000	18,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,03%	0,60	0,02	4,00	0,80	3,20	3,22			
019	18,000	19,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	0,00	0,70	0,00	0,01			
020	19,000	20,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	3,00	0,80	2,40	2,41			
021	20,000	21,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	1,00	0,70	0,70	0,71			
022	21,000	22,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,00%	0,60	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00			
023	22,000	23,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,00%	0,60	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00			
024	23,000	24,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	3,00	0,80	2,40	2,41			
025	24,000	25,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,00%	0,60	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00			
026	25,000	26,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,00%	0,60	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.2.3. Cálculo do resumo do levantamento visual contínuo Sentido Itaguari – GO 070

O resumo do levantamento visual contínuo, foi calculado, conforme o Quadro 3.8 e anotado no Quadro 4.6.

Quadro 4.6: resumo do levantamento visual contínuo Sentido Itaguari – GO 070

ANEXO - D													
PLANILHA DE CÁLCULO													
LVL:						KM:			Nº PISTA = 1 / LADO:		LE	LD	
RODOWIA: GO-154 - SENTIDO ITAGUARI - GO 070						INICIAL: 0,08		FINAL: 25,38		LARGURA DA PISTA: 3,50		DATA / MES / ANO:	11/03/23
SRE: Estr: GO-070						Horário		LARGURA DE ACOSTAMENTO: 0,50		0,50			
SENTIDO / PERCURSO: CRESCENTE													
INICIANDO: Do Km 0 ao 25,3						INICIAL: 18:05		FINAL: 11:05					
EXTENSÃO: 25,308 Km										VMD: 23			
SEGMENTO:						RESULTADOS							
Nº DO SEGMENTO	ODÔMETRO (km)		EXTENSÃO	IGGE	ICPF	IES - ÍNDICE DO ESTADO DA SUPERFÍCIE			OBSERVAÇÕES				
	INÍCIO	FINAL				VALOR	CÓDIGO	CONCEITO	CONFORME CONCEITO DO ICPF				
001	0,0	1,0	1,000	9,1	4,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
002	1,0	2,0	1,000	0,2	2,6	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
003	2,0	3,0	1,000	0,1	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
004	3,0	4,0	1,000	0,1	3,5	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
005	4,0	5,0	1,000	0,0	4,2	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
006	5,0	6,0	1,000	0,8	2,5	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
007	6,0	7,0	1,000	0,0	5,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
008	7,0	8,0	1,000	0,0	5,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
009	8,0	9,0	1,000	0,7	4,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
010	9,0	10,0	1,000	0,0	4,6	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
011	10,0	11,0	1,000	0,0	5,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
012	11,0	12,0	1,000	0,7	4,7	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
013	12,0	13,0	1,000	0,7	4,8	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
014	13,0	14,0	1,000	1,4	4,7	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
015	14,0	15,0	1,000	3,2	4,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
016	15,0	16,0	1,000	0,0	3,2	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
017	16,0	17,0	1,000	5,0	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
018	17,0	18,0	1,000	3,2	2,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
019	18,0	19,0	1,000	0,0	3,2	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
020	19,0	20,0	1,000	2,4	3,4	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
021	20,0	21,0	1,000	0,7	3,1	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
022	21,0	22,0	1,000	0,0	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
023	22,0	23,0	1,000	0,0	3,3	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
024	23,0	24,0	1,000	2,4	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Degradete superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
025	24,0	25,0	1,000	0,0	3,7	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
026	25,0	26,0	1,000	0,0	4,6	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

4.3. LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO DO SENTIDO GO 070 – ITAGUARI

O LVC foi feito com veículo automotor com velocidade constante, quantificando os defeitos superficiais e profundos, conforme o Quadro 3.2 e anotados no Quadro 4.7.

Quadro 4.7: Formulário para o levantamento visual contínuo sentido GO 070 – Itaguari

FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO (LVC)																			
SERVIÇO:		LVC										KM:		Nº PISTA = 2 / LADO:		LE	LD	DIA / MÊS / ANO:	11/07/25
RODOVIA:		GO-154- SENTIDO GO 070 - ITAGUARI										INICIAL:	FINAL:	LARGURA DA PISTA:		3,50	3,50		
TRECHO:		Entr. GO-070 Fim da pista dupla em Itaguari										0,00	25,30	LARGURA DO ACOSTAMENTO:		0,50	0,50		
SENTIDO / TRÁFEGO:		CRESCENTE										Horário							
SEGMENTO:		Do Km 0 ao 25,3										INICIAL:	FINAL:						
EXTENSÃO:		25,300										10:00	11:05	VMD:		23			
Nº DO SEGMENTO	SEGMENTO:			FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B ou S)											ICPF	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES			OBSERVAÇÕES
	ODÔMETRO (km)	EXTENSÃO (km)	P	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			REVESTIMENTO	ESPESSURA (cm)		IDADE			
				INÍCIO	FINAL	TR		TJ	TB	AF	O	D				EX	E	ORIGINAL	
001	0,00	1,00	1,000	1				5				1		4,5	TSD + MICRO			-	-
002	1,00	2,00	1,000					6	4					4,5	TSD + MICRO			-	
003	2,00	3,00	1,000					1	2					5	TSD + MICRO			-	
004	3,00	4,00	1,000					5						4,5	TSD + MICRO			-	
005	4,00	5,00	1,000					9				3		4	TSD + MICRO			-	-
006	5,00	6,00	1,000					8						4	TSD + MICRO			-	
007	6,00	7,00	1,000					10	5			1		3	TSD + MICRO			-	
008	7,00	8,00	1,000					6	11					3	TSD + MICRO			-	
009	8,00	9,00	1,000					2	3					4,8	TSD + MICRO			-	
010	9,00	10,00	1,000					3	2			1		4,5	TSD + MICRO			-	
011	10,00	11,00	1,000					2	3			2		4,5	TSD + MICRO			-	
012	11,00	12,00	1,000					2	3			2		4,5	TSD + MICRO			-	
013	12,00	13,00	1,000					3				5		4,5	TSD + MICRO			-	
014	13,00	14,00	1,000					2	3			2		4,5	TSD + MICRO			-	
015	14,00	15,00	1,000	1				1	4			2		4,5	TSD + MICRO			-	
016	15,00	16,00	1,000					1	2					5	TSD + MICRO			-	
017	16,00	17,00	1,000					1	2			1		5	TSD + MICRO			-	
018	17,00	18,00	1,000					2	5			2		4,5	TSD + MICRO			-	
019	18,00	19,00	1,000					11				1		3	TSD + MICRO			-	
020	19,00	20,00	1,000					4	4			3		3	TSD + MICRO			-	
021	20,00	21,00	1,000	1				2	6					4	TSD + MICRO			-	
022	21,00	22,00	1,000					6	4			3		3	TSD + MICRO			-	
023	22,00	23,00	1,000					1	7					3	TSD + MICRO			-	
024	23,00	24,00	1,000					3	1			1		4,5	TSD + MICRO			-	
025	24,00	25,00	1,000												TSD + MICRO			-	
026	25,00	26,00	1,000												TSD + MICRO			-	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.3.1. Frequência de Defeitos do Sentido GO 070 – Itaguari

A frequência dos defeitos foi verificada conforme Quadro 3.4, conforme os dados obtidos no Quadro 4.7, tendo a frequência de defeitos calculados no Quadro 4.8.

Quadro 4.8: Frequência de defeitos do Sentido Itaguari – GO 070

FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO (LVC)																				
SERVIÇO:		LVC										KM:		N° PISTA = 2 / LADO:		LE	LD	DIA / MÊS / ANO:	11/07/25	
RODOVIA:		GO-154- SENTIDO GO 070 - ITAGUARI										INICIAL:	FINAL:	LARGURA DA PISTA:		3,50	3,50			
SRE:		Entr. GO-070		Fim da pista dupla em Itaguari								0	25,30	LARGURA DO ACOSTAMENTO:		0,50	0,50			
SENTIDO / PERCURSO:		CRESCENTE										Horário								
SEGMENTO:		Do Km 0 ao 25,3										INICIAL:	FINAL:							
EXTENSÃO:		25,3										10:00	11:05	VMD:		23				
SEGMENTO:				FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B ou S)										ICPF	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES				OBSERVAÇÕES	
N° DO SEGMENTO	ODÔMETRO (km)		EXTENSÃO (km)	P	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS				REVESTIMENTO	ESPESURA (cm)	IDADE			
	INÍCIO	FINAL			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E				ORIGINAL	RESTAURAÇÃO		
001	0,000	1,000	1,000	B					B			B		4,50	TSD + MICRO			-	-	
002	1,000	2,000	1,000					A	B					4,50	TSD + MICRO			-		
003	2,000	3,000	1,000					B	B					5,00	TSD + MICRO			-		
004	3,000	4,000	1,000						B					4,50	TSD + MICRO			-		
005	4,000	5,000	1,000						B			B		4,00	TSD + MICRO			-	-	
006	5,000	6,000	1,000						B					4,00	TSD + MICRO			-		
007	6,000	7,000	1,000					A	B			B		3,00	TSD + MICRO			-		
008	7,000	8,000	1,000					A	B					3,00	TSD + MICRO			-		
009	8,000	9,000	1,000					B	B					4,80	TSD + MICRO			-		
010	9,000	10,000	1,000					M	B			B		4,50	TSD + MICRO			-		
011	10,000	11,000	1,000					B	B			B		4,50	TSD + MICRO			-		
012	11,000	12,000	1,000					B	B			B		4,50	TSD + MICRO			-		
013	12,000	13,000	1,000						B			B		4,50	TSD + MICRO			-		
014	13,000	14,000	1,000					B	B			B		4,50	TSD + MICRO			-		
015	14,000	15,000	1,000	B				B	B			B		4,50	TSD + MICRO			-		
016	15,000	16,000	1,000					B	B					5,00	TSD + MICRO			-		
017	16,000	17,000	1,000					B	B			B		5,00	TSD + MICRO			-		
018	17,000	18,000	1,000					B	B			B		4,50	TSD + MICRO			-		
019	18,000	19,000	1,000						B			B		3,00	TSD + MICRO			-		
020	19,000	20,000	1,000					M	B			B		3,00	TSD + MICRO			-		
021	20,000	21,000	1,000	B				B	B					4,00	TSD + MICRO			-		
022	21,000	22,000	1,000					A	B			B		3,00	TSD + MICRO			-		
023	22,000	23,000	1,000					B	B					3,00	TSD + MICRO			-		
024	23,000	24,000	1,000					M	B			B		4,50	TSD + MICRO			-		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.3.2. Cálculo do índice de gravidade global expedito – IGGE do Sentido GO 070 – Itaguari

O cálculo do IGGE do sentido Itaguari – GO 070, foi calculado pela equação: obtido por meio da equação:

$$\text{IGGE} = (\text{Pt} \times \text{Ft}) + (\text{Poap} \times \text{Foap}) + (\text{Ppr} \times \text{Fpr})$$

Onde:

Pt e Ft: peso e frequência de trincas, conforme o Quadro 4.4

Poap e Foap: peso e frequência de deformações, conforme o Quadro 4.4

Ppr e Fpr: peso e frequência de painéis e remendos, conforme o Quadro 4.4

Os resultados do IGGE, foram calculados e colocados no Quadro 4.9.

Quadro 4.9: índice de gravidade global expedito – IGGE do Sentido GO 070 - Itaguari

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO - IGGE														
SERVIÇO: LVC							KM:		Nº PISTA = 2 / LADO:		LE	LD	DIA / MÊS / ANO: 11/07/25	
RODOVIA: GO-154- SENTIDO GO 070 - ITAGUARI							INICIAL:	FINAL:	LARGURA DA PISTA:		3,50	3,50		
SRE: Entr. GO-070							0,00	25,30	LARGURA DO ACOSTAMENTO:		0,50	0,50		
SENTIDO / PERCURSO: CRESCENTE							Horario							
SEGMENTO: Do Km 0 ao 25,3							INICIAL:	FINAL:						
EXTENSÃO: 25,300 Km							10:00	11:05	VMD:		23			
SEGMENTO:				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			IGGE	
Nº DO SEGMENTO	ODÔMETRO (km)		EXTENSÃO											
	INICIO	FINAL												
				Ft - %	Pt	Ftx Pt	Foap - %	Poap	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr	(Ft x Pt) + (Foap x Poap) + (Fpr x Ppr)	
001	0,000	1,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,25%	0,60	0,15	1,00	0,70	0,70	0,85	
002	1,000	2,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,10%	0,60	0,06	6,00	1,00	6,00	6,06	
003	2,000	3,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,03%	0,60	0,02	1,00	0,70	0,70	0,72	
004	3,000	4,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,06%	0,60	0,04	0,00	0,70	0,00	0,04	
005	4,000	5,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,09%	0,60	0,05	0,00	0,70	0,00	0,05	
006	5,000	6,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,07%	0,60	0,04	0,00	0,70	0,00	0,04	
007	6,000	7,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,04%	0,60	0,02	10,00	1,00	10,00	10,02	
008	7,000	8,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,07%	0,60	0,04	6,00	1,00	6,00	6,04	
009	8,000	9,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,02%	0,60	0,01	2,00	0,70	1,40	1,41	
010	9,000	10,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	3,00	0,80	2,40	2,41	
011	10,000	11,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	2,00	0,70	1,40	1,41	
012	11,000	12,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	2,00	0,70	1,40	1,41	
013	12,000	13,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	0,00	0,70	0,00	0,01	
014	13,000	14,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	2,00	0,70	1,40	1,41	
015	14,000	15,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	2,00	0,70	1,40	1,41	
016	15,000	16,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,00	1,00	0,70	0,70	0,70	
017	16,000	17,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,00	1,00	0,70	0,70	0,70	
018	17,000	18,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	2,00	0,70	1,40	1,41	
019	18,000	19,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,03%	0,60	0,02	0,00	0,70	0,00	0,02	
020	19,000	20,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	4,00	0,80	3,20	3,21	
021	20,000	21,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	3,00	0,80	2,40	2,41	
022	21,000	22,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,01%	0,60	0,01	6,00	1,00	6,00	6,01	
023	22,000	23,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,02%	0,60	0,01	1,00	0,70	0,70	0,71	
024	23,000	24,000	1,000	0,00%	0,30	0,00	0,00%	0,60	0,00	3,00	0,80	2,40	2,40	

Fonte : Elaborado pelo autor, 2025.

4.3.3. Cálculo do resumo do levantamento visual contínuo Sentido GO 070 – Itaguari.

O resumo do levantamento visual contínuo, foi calculado, conforme o Quadro 3.8 e colocados no Quadro 4.10.

Quadro 4.10: Cálculo do resumo do levantamento visual contínuo Sentido GO 070 – Itaguari

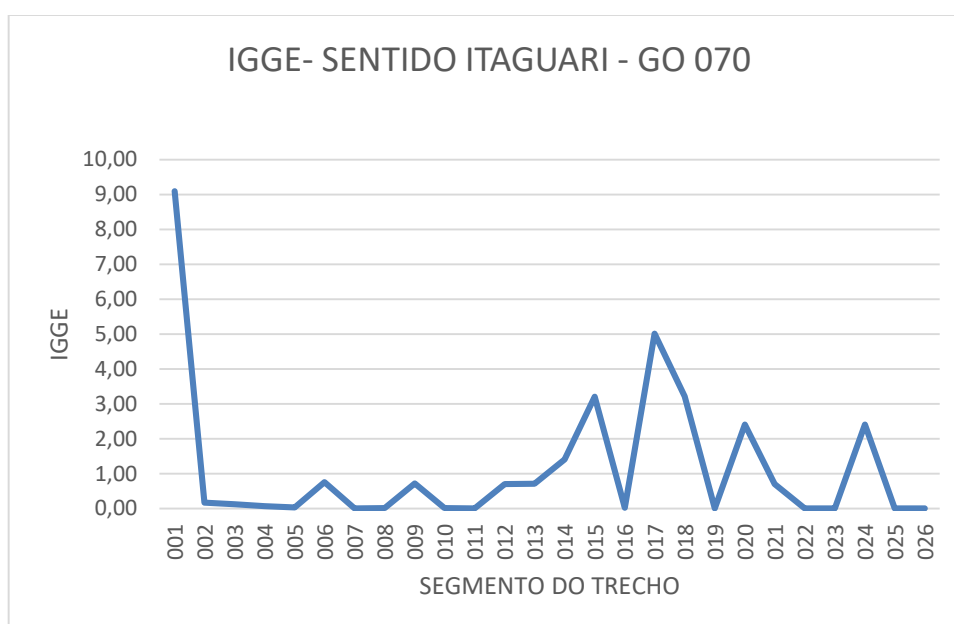
PLANILHA DE CÁLCULO DO RESUMO													
SERVIÇO: LVC				KM:				Nº PISTA = 1 / LADO:		LE	LD	DIA / MÊS / ANO:	11/07/25
RODOVIA: GO-154- SENTIDO GO 070 - ITAGUARI				INICIAL:	FINAL:		LARGURA DA PISTA:		3,50	3,50			
SRE: Entr. GO-070				0,00	25,30		LARGURA DO ACOSTAMENTO:		0,50	0,50			
SENTIDO / PERCURSO: CRESCENTE				Horario									
SEGMENTO: Do Km 0 ao 25,3				INICIAL:	FINAL:								
EXTENSÃO: 25,300 Km				10:00	11:05		VMD:		23				
SEGMENTO:				RESULTADOS									
Nº DO SEGMENTO	ODÔMETRO (km)		EXTEN SÃO	IGGE	ICPF	IES - ÍNDICE DO ESTADO DA SUPERFÍCIE			OBSERVAÇÕES				
	INÍCIO	FINAL				VALOR	CÓDIGO	CONCEITO					
									CONFORME CONCEITO DO ICPF				
001	0,0	1,0	1,000	0,9	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
002	1,0	2,0	1,000	6,1	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
003	2,0	3,0	1,000	0,7	5,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
004	3,0	4,0	1,000	0,0	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
005	4,0	5,0	1,000	0,1	4,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
006	5,0	6,0	1,000	0,0	4,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
007	6,0	7,0	1,000	10,0	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
008	7,0	8,0	1,000	6,0	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
009	8,0	9,0	1,000	1,4	4,8	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
010	9,0	10,0	1,000	2,4	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
011	10,0	11,0	1,000	1,4	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
012	11,0	12,0	1,000	1,4	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
013	12,0	13,0	1,000	0,0	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
014	13,0	14,0	1,000	1,4	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
015	14,0	15,0	1,000	1,4	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
016	15,0	16,0	1,000	0,7	5,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
017	16,0	17,0	1,000	0,7	5,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
018	17,0	18,0	1,000	1,4	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
019	18,0	19,0	1,000	0,0	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
020	19,0	20,0	1,000	3,2	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
021	20,0	21,0	1,000	2,4	4,0	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				
022	21,0	22,0	1,000	6,0	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
023	22,0	23,0	1,000	0,7	3,0	1	B	BOM	APLICAÇÃO DE LAMA ASFALTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas muito extensas				
024	23,0	24,0	1,000	2,4	4,5	0	A	ÓTIMO	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.4. ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Dos dados aferidos em campo, constata-se que o seguimento rodoviário em estudo apresenta boas e ótimas condições funcionais (ótimo e bom) e estruturais, conforme os índices calculados IGGE e ICPF do LVC, no item 4.3 e sub-itens, necessitando em sua maior extensão apenas de conservação rotineira. Foram anotados os dados do IGGE de cada segmento dos trechos para uma visualização melhor, com o objetivo de mostrar quais segmentos precisam de mais atenção na conservação rotineira, conforme os Gráficos 4.1 e 4.2. Foram registradas fotos da visita, conforme as Figuras 4.1 e 4.2.

Gráfico 4.1 – IGGE de cada trecho do sentido Itaguari – GO 070

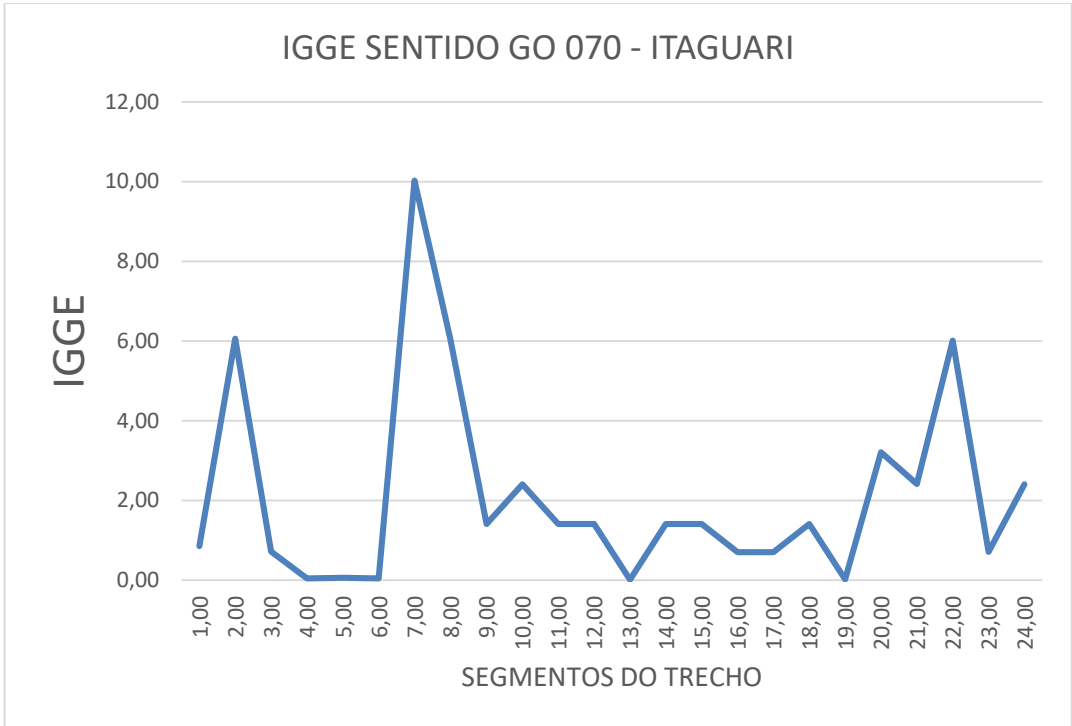


Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Sabendo-se que o revestimento asfáltico nos pavimentos viários têm função de proteção e melhoria das condições de rolamento, com pequena função estrutural, no caso em tela, observa-se que apesar de esbelto, TSD = 2,5 cm de espessura e camada de microrrevestimento de 0,8 cm de espessura, conforme o projeto, esta solução combinada para o revestimento apresentou bom desempenho, uma vez que após 10 anos de operação, o trecho em estudo ainda se apresenta em boas condições funcionais e estruturais, necessitando apenas de algumas intervenções pontuais em afundamentos de bordas e trilhas de rodas,

principalmente na faixa de tráfego mais solicitada no sentido Itaguari/GO-070.

Gráfico 4.2 – IGGE sentido GO 070 – Itaguari



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Neste sentido, as intervenções pontuais em afundamentos de bordas e trilhas de rodas, foram licitadas em dezembro de 2024 para a recuperação da capacidade funcional da via, conforme a GOINFRA. Os serviços estão sendo realizadas pela empresa vencedora, a LCM CONSTRUÇÃO E COMERCIO S/A, conforme pode ser observado nas Figuras 4.3 e 4.4 obtidas no momento da visita técnica *in loco* em 11 de julho de 2025.

Figura 4.1: Ondulação na Rodovia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 4.2: Afundamento da rodovia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 4.3: Reparos sendo feitos na rodovia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 4.4: Reparos sendo executados durante a visita



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

5. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a solução combinada de tratamento superficial duplo (TSD) e microrrevestimento apresentou bom desempenho em rodovia de baixo volume de tráfego. Mesmo sendo uma estrutura delgada, os resultados do Levantamento Visual Contínuo (LVC) após dez anos indicaram baixa incidência de patologias, boa regularidade e adequada aderência, confirmando a eficiência da técnica.

A adição do microrrevestimento ao TSD contribuiu para o aumento da vida útil do pavimento, favorecendo melhores condições de drenagem e rolamento e retardando o surgimento de defeitos.

Conclui-se que essa solução é adequada tanto para restauração de pavimentos desgastados quanto para a execução de novos em rodovias de baixo tráfego. Recomenda-se, para pesquisas futuras, a análise de outros tipos de revestimento em avaliações periódicas, de modo a ampliar o conhecimento sobre o desempenho de diferentes técnicas em condições variadas.

REFERÊNCIAS

- ABEDA, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTOS. **Manual básico de emulsões asfálticas**. ed. 2. Rio de Janeiro: Abeda, 2010.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BERNUCCI, Liedi Légi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. . Rio de Janeiro: Petrobrás, 2008.
- CERATTI, J. A. P.; REIS, R. M. M. **Manual de microrrevestimento asfáltico a frio – MRAF**. Editora Oficina de Textos – São Paulo, 2011.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Norma DNIT 035/2018 – ES**: Pavimentação – Microrrevestimento asfáltico – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2018.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Norma DNIT 146/2012 – ES**: Pavimentação – Tratamento superficial simples – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2012.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Norma DNIT 147/2012 – ES**: Pavimentação – Tratamento superficial duplo – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2012.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Norma DNIT 148/2012 – ES**: Pavimentação – Tratamento superficial triplo – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2012.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.
- GOINFRA, Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes. **Instrução de Projeto Rodoviário IP-06/2018** – Levantamento Visual Contínuo (LVC). Goiânia, 2018.
- SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de pavimentação**: Volume I. 2. ed. São Paulo: PINI, 2007.
- SCHERER, Evandro Ismael. **Análise comparativa de pavimentos com revestimento do tipo cape seal e CBUQ**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2015.
- VASCONCELOS, Marcio Anderson Guedes. **Estudo sobre o emprego do cape seal em revestimentos rodoviários do estado do Ceará**. 2013. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.