

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

IAGO DE SOUSA SILVA

**PAVIMENTAÇÃO:** afundamento plástico no km 39+780 e  
40+980 Paracatu-MG

Paracatu

2022

IAGO DE SOUSA SILVA

**PAVIMENTAÇÃO:** afundamento plástico no km 39+780 e 40+980 Paracatu-MG

Monografia apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Pavimentação.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Anelise Avelar de Araújo

Paracatu

2022

IAGO DE SOUSA SILVA

**PAVIMENTAÇÃO:** afundamento plástico no km 39+780 e 40+980 Paracatu-MG

Monografia apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Pavimentação.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Anelise Avelar de Araújo

Banca examinadora:

Paracatu-MG, 19 de dezembro de 2022.

---

Prof<sup>a</sup>. Anelise Avelar de Araújo  
Centro Universitário Atenas

---

Prof. Me. Carlos Eduardo Ribeiro Chula  
Centro Universitário Atenas

---

Prof. Me. Romério Ribeiro da Silva  
Centro Universitário Atenas

Qualquer que tenha sido o começo do mundo, o fim será glorioso e paradisíaco, muito além daquilo que a nossa imaginação pode conceber [...]. Os homens farão com que a sua situação no mundo seja cada vez mais fácil e confortável; provavelmente eles prolongarão a sua exigência e ficarão cada vez mais felizes.

Priestley, 1951.

## AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas que proporcionaram um resultado satisfatório com apoio afeto e paciência para esse trabalho, das quais merecem agradecimento:

Meus pais, Anicesio do Carmo e Elma de Sousa, que me deram a base e todo o apoio para esta conquista.

Minha namorada, Isabele, que me deu muito apoio e incentivos dentro e fora da faculdade para que eu pudesse sempre evoluir como pessoa e profissionalmente.

Meu irmão, Ismael de Sousa que sempre esteve ao meu lado.

Aos meus professores, Romério, Carlos chula, Ellen, Pedro, mesmo que alguns não ficaram até o final, mas sempre me incentivaram para não desistir e acreditaram na minha capacidade.

A minha professora orientadora, Anelise Avelar, pela sua disponibilidade em me ajudar sempre que precisei com a maior calma e paciência.

E por fim a todos que não me recordo agora, mas que forma direta ou indireta me ajudaram.

## RESUMO

O pavimento tem como função principal a possibilidade de levar seu usuário de um ponto a outro com maior segurança e comodidade, independente da sua condição climática ou tráfego. Porém o pavimento passa por degradações, deterioramento no qual se perde a qualidade estrutural e funcional do pavimento. O objetivo deste trabalho foi verificar o índice de gravidade global de uma dessas degradações de acordo com a norma DNIT e assim através do resultado, definir qual a melhor solução para o problema.

**Palavras-chave:** Pavimentos flexíveis. Índices de gravidade global. Deformação plástica.

## **ABSTRACT**

*The main function of the pavement is the possibility of taking its user from one point to another with greater safety and comfort, regardless of the weather or traffic conditions. However, the pavement undergoes degradation, deterioration in which the structural and functional quality of the pavement is lost. The objective of this work was to verify the global severity index of one of these degradations according to the DNIT standard and, through the result, define the best solution to the problem.*

**Keywords:** *Flexible pavements. Global gravity indice. Plastic deformation.*

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 –</b>	Camadas que constituem o pavimento flexível.	18
<b>FIGURA 2 –</b>	Distribuição de tensões nas várias camadas que constituem o pavimento flexível.	19
<b>FIGURA 3 –</b>	Afundamento plástico da trilha de roda.	24
<b>FIGURA 4 –</b>	Treliça para medição das flechas da trilha de rodas.	24

## LISTA DE IMAGENS

<b>IMAGEM 1</b>	– Afundamento plástico local (BR 040 – KM 40,980 MG)	21
<b>IMAGEM 2</b>	– Afundamento plástico da trilha de roda (BR 040 – KM 39,780 MG)	21

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 –</b>	Resumos dos defeitos	26
<b>TABELA 2 –</b>	Formulário de inventario do estado da superfície do pavimento	27
<b>TABELA 3 –</b>	Valor do fator de ponderação	29
<b>TABELA 4 –</b>	Conceito de degradação do pavimento em função do IGG	29
<b>TABELA 5 –</b>	Inventario preenchido	32
<b>TABELA 6 –</b>	Resultado obtido em campo	33

## LISTA DE GRÁFICO

**GRÁFICO 1 –** Degradação no pavimento

34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\Sigma$ IGI	Somatório de todos os índices
ALP	Afundamento Plástico Local
ATP	Afundamento Plástico da Trilha
CAP	Cimento asfáltico de petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DER	Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
fp	Fator de ponderação
fr	Frequência relativa
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
Km	Quilômetros
M	Metros
MG	Minas Gerais
Mm	Milímetro
RR	Rompimento Rápido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1 PROBLEMA</b>	<b>14</b>
<b>1.2 HÍPOTESE DE ESTUDO</b>	<b>14</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>1.3.1 OBJETIVOS GERAL</b>	<b>14</b>
<b>1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>15</b>
<b>1.4 JUSTIFICATIVA</b>	<b>15</b>
<b>1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO</b>	<b>15</b>
<b>2 CONCEPÇÕES E DEFINIÇÕES</b>	<b>17</b>
<b>2.1 PAVIMENTO</b>	<b>17</b>
<b>2.2 PAVIMENTO BRASILEIRO</b>	<b>17</b>
<b>2.3 PAVIMENTNO FLEXÍVEL</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1 CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL</b>	<b>18</b>
<b>2.4 DISTRIBUIÇÃO DE CARGA</b>	<b>19</b>
<b>2.5 DEFORMAÇÃO PLÁSTICA</b>	<b>20</b>
<b>3 ESTUDO REALIZADO</b>	<b>21</b>
<b>3.1 PATOLOGIA ENCONTRADA NO LOCAL</b>	<b>21</b>
<b>3.2 AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO</b>	<b>22</b>
<b>3.2.1 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL</b>	<b>22</b>
<b>3.2.2 AVALIAÇÃO FUNCIONAL</b>	<b>23</b>
<b>3.2.3 UTILIZAÇÃO DO (IGG)</b>	<b>24</b>
<b>4 RESULTADO</b>	<b>31</b>
<b>5 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO</b>	<b>35</b>
<b>5.1 RECAPEAMENTO</b>	<b>35</b>
<b>5.2 FRESAGEM</b>	<b>36</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>38</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A execução de uma rodovia pavimentada é uma estrutura de engenharia que tem como uma de suas principais finalidades, a melhoria e segurança de tráfego de veículos em uma determinada via, onde é garantida uma superfície mais regular com menor ruído e maior aderência (BALDO,2007).

Estima-se que no Brasil o pavimento flexível esteja em todo território nacional, com predominância de 99%, onde o seu principal material de utilização é o asfalto. De acordo com a manutenção periódica, o pavimento flexível pode ter uma vida útil de 8 a 12 anos, mas infelizmente não temos boas práticas de uma manutenção no Brasil. Dessa forma essas estruturas podem se deteriorar antes desse prazo, devido a diversidade de causa que podem ocasionar vários tipos de defeitos, podendo ser falta de fiscalização e manutenção preventiva, dimensionamento e o aumento de veículos circulando nos últimos anos (CNT,2021).

Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT ,2021), em 109.103,00 quilômetros de rodovias pavimentadas foram constatados que 56.970 quilômetros (52,2%) apresentam algum tipo de problema, sendo de classificação 5,8% péssimo, 15,8% ruim e 30,6% regular, enquanto a avaliação positiva ocasionou em 52.133,00 quilômetros (47,8%) sendo classificado 14,6% bom e 33,2% ótimo.

A partir do estudo realizado pela CNT é que foi observado que mais da metade da malha rodoviária está em estado precário. Com base nesses dados e na observação das consequências diretas ou indiretas; pois as condições da rodovia afetam diretamente a economia; automaticamente o custo operacional dos veículos aumentam e a segurança dos usuários diminuem.

As patologias do pavimento são inevitáveis, principalmente devido ao aumento do número de veículos nos últimos anos e ao uso constante das malhas rodoviárias, além de que muitas rodovias já são antigas e na época da execução das mesmas não tinham sido planejadas para o fluxo de veículos de hoje em dia. E ainda sim, muitas das falhas de degradações das rodovias estão relacionadas a falta de projeto bem elaborados, não só na parte do revestimento, como também na de terraplanagem ou drenagem, além do uso de também de materiais duvidosos e dos ensaios incorretos.

Este trabalho tem como objeto de estudo a apresentação da patologia de deformação plástica e suas características além das possíveis causas no local

estudado que está situada BR 040 KM 39+780 e o km 40+980 mg no município de Paracatu - MG.

## **1.1 PROBLEMA**

A malha rodoviária brasileira é composta em sua maior parte por pavimento flexível e estão sujeitos a ação de diversos tipos de patologias devido ao seu constante uso e ao aumento do tráfego no decorrer dos anos. Uma das patologias que ocorrem com maior incidência nesse tipo de pavimento, é o afundamento plástico. Devido a essa premissa tem-se uma possível alternativa para mitigar a manifestação patológica?

## **1.2 HÍPOTESE DE ESTUDO**

- a) acredita-se que é fundamental que os pavimentos atendam suas funções e determine a condição atual da rede pavimentada;
- b) é importante que se faça uma avaliação superficial, verificando as condições funcionais e estruturais, identificando assim, as patologias e defeitos no pavimento de acordo com os procedimentos padronizados e medidas de inspeção;
- c) a indicação correta das principais medidas de manutenção e preservação da via é ponto chave na efetiva manutenção da pavimentação.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVOS GERAL**

Através da análise do afundamento plástico, avaliar quais as principais medidas que poderiam ser adotadas para preservação e manutenção da via na BR 040 KM 39+780 e o km 40+980 mg no município de Paracatu – mg, a fim de assegurar uma conservação adequada a via.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Abordar quais as principais patologias do pavimento flexível;
- b) Apresentar a patologia estudada;
- c) Verificar através de estudo visual in loco e referências bibliográficas, alguma possível solução para minimizar o problema de deslocamento de massa do local.

### **1.4 JUSTIFICATIVA**

O trabalho realizado tem como finalidade abordar alguns aspectos técnicos que interferem na qualidade da pavimentação asfáltica no trecho da BR 040 KM 39+780 e o km 40+980 mg no município de Paracatu – MG sendo o mesmo escolhido como objetos de estudo devido a deformação que se encontra in loco.

O pavimento flexível é uma estrutura feita com múltiplas camadas de vários tipos de matérias que são compactados por pequenas camadas, a fim de garantir um bom funcionamento estrutural e operacional ao fluxo de veículos e pessoas, onde deve ser durável e com custos de manutenção baratos (BALDO, 2007).

Em contrapartida, no Brasil um dos maiores problemas encontrados, está associado ao não comprometimento das equipes executivas ou até mesmo das que projetam a malha rodoviária. Não utilizam das especificações de técnicas de suporte das camadas de pavimento, além do uso de matérias de má qualidade empregado no revestimento. E com base nisso, deve se realizar a manutenção de forma periódica para se ter um bom pavimento para uso (CNT, 2021).

### **1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO**

O estudo realizado se baseia na análise bibliográfica relacionado a pavimentação urbana, coleta de dados no local de estudo, levantamento da dimensão da patologia e verificação se as patologias estão catalogadas de acordo com o DNER nº 002/1979, DNIT 005/2003, DNIT nº 006/2003, além dos manuais, DNIT conservação rodoviária 2005, DNIT restauração de pavimentos asfálticos 2006, DNIT pavimentação 2006.

A coleta de dados será realizada de acordo com clima, se em boas

condições a coleta de dados será feita, caso o local esteja escuro, nublado ou em período de chuva isso será deixado para ser feito em outra data, após essa avaliação iremos partir para avaliação do local, se ele se encontra de forma crítica, efetuar identificação da patologia fazendo o registro fotográfico do local (CNT, 2021).

## **2 CONCEPÇÕES E DEFINIÇÕES**

### **2.1 PAVIMENTO**

Segundo Baldo (2007), o pavimento é uma estrutura onde se deve na visão dos usuários trazer segurança e conforto. E no ponto técnico deve se buscar um custo mínimo possível, buscar materiais mais próximos, e com o passar do tempo devesse fiscalizar e realizar as manutenções para não ter perda da vida útil da estrutura.

### **2.2 PAVIMENTO BRASILEIRO**

De acordo com a CNT (Confederação Nacional de transporte), o Brasil tem malha rodoviária de 1.720.909,0 km sendo de rodovias municipais, estaduais e federais onde as pavimentadas estão em 213.500 km (12,4%), não pavimentadas em 1.350.100,0 km (78,5%) e planejadas em 157,39 km (9,1%). No Brasil de 2010 a 2020 houve um crescimento de 66,5% no aumento do número de veículos em circulação, e com base nisso ouve uma maior demanda sobre a infraestrutura e conseqüentemente aumentando o processo de desgaste e patologias do pavimento, com isso sendo necessária a realização de manutenção com maior frequência (CNT,2021).

### **2.3 PAVIMENTNO FLEXÍVEL**

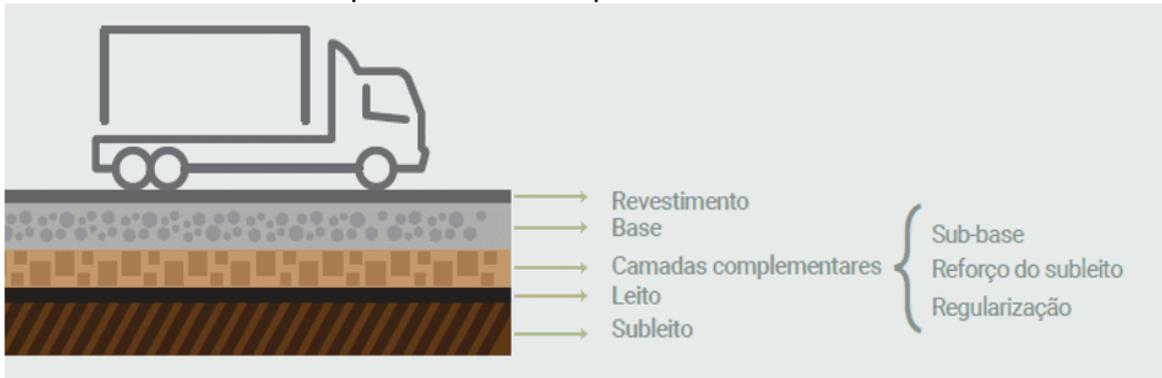
O pavimento com revestimento tem três classificações: flexível, rígido e semirrígido. E a diferença entre eles está de acordo com que os esforços são distribuídos deles para o solo (BALDO,2007).

Segundo DNIT (2006) o pavimento flexível é aquilo em que todas as camadas sofrem uma deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado, onde a carga é distribuída de forma uniforme entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhos, revestida por uma camada asfáltica, Figura 1.

### 2.3.1 CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

O pavimento é composto por seis camadas, sendo elas: subleito, leito, sub-base, base e revestimento, e se caso for necessário há o reforço do subleito. Conforme Figura 1 (CNT, 2019).

**FIGURA 1** – Camadas que constituem o pavimento flexível



Fonte: CNT (2019).

Cada camada tem sua condição específica, capaz de proporcionar as melhores condições de rolamento e suporte em qualquer tipo de clima. De acordo com a carga aplicada no pavimento, gera um determinado estado de tensão na estrutura, no qual funciona da seguinte forma, teremos dois tipos de esforços onde são verticais e horizontais, onde as horizontais atuam tracionando ou confinando outros materiais e já os verticais podem ser reduzidos a solicitação de cisalhamento e com pressão. E de acordo com as solicitações e condicionada a escolha da camada de pavimento (BALDO,2007).

**Leito:** Primeira camada do conjunto de fundação sobreposta no terreno natural.

**Regularização:** Camada com a finalidade de efetuar correção das falhas existentes no leito, e no decorrer da extensão da obra pode não ser necessário em determinados pontos.

**Reforço do Subleito:** Em casos em que o subleito apresente baixa resistência aos esforços verticais, pode-se empregar uma camada de reforço com solo de maior qualidade que o subleito, o reforço não é obrigatório.

**Sub-base:** É o complemento da base e possui a finalidade de aliviar as tensões exercidas no revestimento e transferi-las para as demais camadas. Em casos que a camada da base necessita ser muito espessa, por questões técnicas e

econômicas, opta-se por dividir a camada em dois que nesse caso chamado de sub-base.

Base: possui a finalidade de aliviar as tensões exercidas no revestimento e transferi-las para as demais camadas.

Revestimento: O revestimento é a camada que está em contato direto com o tráfego, e tem por si uma característica de ser constituído por material impermeável para assim proteger as demais camadas e responsável por receber as cargas estáticas e dinâmicas, sem sofrer grandes deformações.

Normalmente o revestimento é realizado por duas camadas onde a 1ª é um concreto betuminoso usinado a quente - CBUQ classe A ou B, que tem como nome "BINDER" que nela se constitui pedrisco com maior diâmetro e a segunda camada já é com um CBUQ de classe C a F, que nestes contêm pedriscos de menor diâmetro.

## 2.4 DISTRIBUIÇÃO DE CARGA

Um veículo convencional tem dois eixos, e a carga do veículo é distribuída para esses eixos que depois é transferida para os pneus e depois para o pavimento sendo lá absorvida pelo revestimento e distribuída para as camadas do pavimento ocorrendo a diminuição de força por área, conforme figura 2 (BALDO,2007).

**FIGURA 2** – Distribuição de tensões nas várias camadas que constituem o pavimento flexível



Fonte: MAIA (2012)

## 2.5 DEFORMAÇÃO PLÁSTICA

A deformação plástica se dá dada quando ocorrem deformações em função dos esforços solicitantes e dos materiais que compõem o pavimento ao longo de sua vida se tornando permanentes. Onde o pavimento perde sua capacidade de deformar e retornar ao seu estado real assim perdendo a sua plasticidade e tornado uma deformação permanente (BALDO,1997 e SCHMIDT,2016).

Segundo o DNIT (2006), a deformação plástica permanente pode estar associada a duas causas, que são a causa associada ao carregamento e a não associada com o carregamento;

- As causas específicas da deformação associada com o carregamento são: carregamento concentrado ou em excesso (ruptura por cisalhamento), carregamento de longa duração ou estático (deformação por tempo) e o carregamento com grande número de repetições por carga (afundamento no trilho de rodas).

- As causas específicas da deformação não associada com o carregamento são: subleito constituído de solo expansivo (inchamento ou empolamento) e solos compressíveis na fundação do pavimento (recalque diferencial).

### 3 ESTUDO REALIZADO

#### 3.1 PATOLOGIA ENCONTRADA NO LOCAL

De acordo com a norma DNIT 05/2003-TER (2003) a manifestação encontrada foi o afundamento plástico local e em trilho de rodas que tem como característica a depressão da superfície do pavimento com sollevamento ou não, Imagem 1 e 2.

**IMAGEM 1 – Afundamento plástico local (BR 040 – KM 40,980 MG)**



Fonte: Autor (2022).

**IMAGEM 2 – Afundamento plástico da trilha de roda (BR 040 – KM 39,780 MG)**



Fonte: Autor (2022).

A deformação tem como sua principal característica o afundamento localizado e ao longo da trilha de rodas com sollevamento de massa asfáltica, que no período de chuvas dificulta o escoamento das águas ocasionado as aquaplanagens do veículo além da redução do conforto e segurança da pista (FRANCO, 2007).

Segundo Silva (2005), a principais causa da deformação são as falhas de dosagem de misturas asfálticas, escolha errada do tipo de revestimento e a fluência plástica das camadas do pavimento.

### **3.2 AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO**

A partir do momento que as estruturas do pavimento são abertas para o tráfego, começam a se deteriorar de forma funcional e estrutural ao decorrer do tempo (BERNUCCI, 2008).

A avaliação de um pavimento e o conjunto de atividades e ações que deve ser descrito de forma quantitativa e qualitativa a condição do pavimento, podendo assim efetuar a definição das condições do pavimento de forma estrutural e funcional (Echeverria, 2011).

Essas avaliações são regulamentadas pelo DNIT, onde ela tem como o princípio a apreciação do conforto de rolamento nas superfícies do pavimento estabelecendo um método de levantamento de métodos de identificação de gravidade global (IGG).

#### **3.2.1 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**

Levantamento do estado da estrutura do pavimento, onde e fornecido informações de suma importância para que o projetista faça o melhor dimensionamento das alternativas de restauração mais adequadas (DNIT, 2006).

A avaliação estrutural é o conjunto de medidas, onde consta as variáveis estruturais e a caracterização dos elementos do pavimento. Avaliação realizada mediante a cargas no pavimento, assim obtendo o seu estado de comportamento atual e a suas capacidades de suporte futuro (Baldo, 2007).

É a determinação da capacidade do pavimento de suporta o tráfego, mantendo a sua estrutural sem deformar de acordo com o seu dimensionamento. Essas solicitações estão relacionadas a repetição de cargas que por sua vez se

manifesta por deformações podendo ser de forma recuperável (elástica) ou permanente (plásticas) (Bernucci, 2008):

- Elástica: responsável pelas trincas do pavimento e onde ocorrem as rupturas por fadiga;
- Plástica: responsável pelos afundamentos localizados e pelos trilhos de rodas.

### **3.2.2 AVALIAÇÃO FUNCIONAL**

Levantamento da condição do pavimento de uso continuado pelos veículos resultando na degradação do asfalto (DNIT, 2006).

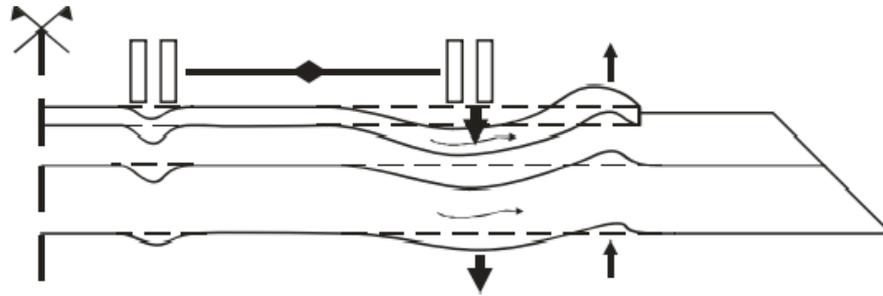
A avaliação funcional tem como principal finalidade a detecção dos graus de deterioração das rodovias sendo buscada a segurança e o conforto do usuário. E umas das características desse tipo de avaliação é saber como está o estado da parte de rolamento do pavimento como esse interfere na dinâmica do veículo (GONÇALVES, 2007).

Segundo Bernucci (2008), avaliação funcional são os defeitos superficiais que se podem ser identificados a olho nu. Sendo os defeitos de superficiais os danos ou deterioração da superfície do pavimento.

No caso desse presente estudo, avaliação funcional realizada foi de acordo com a norma DNIT 005/2003-TER 2003 e 006/2003-TER onde teve como foco principal de pesquisa o afundamento plástico (ALP/ATP).

A deformação encontrada é causada por fluidez plástica de uma ou mais camadas do piso. A afundamento por cisalhamento, ocorre devido ao sobrepeso ou perda da capacidade de suporte das camadas de solo. Esse tipo de afundamento tem como característica a o acúmulo de matéria ao lado devido ao afundamento. E é classificado com afundamento plástico local (ALP), e sendo superior a 6 m afundamento plástico no trilho de rodas (ATP) figura 3 (CNT, 2017).

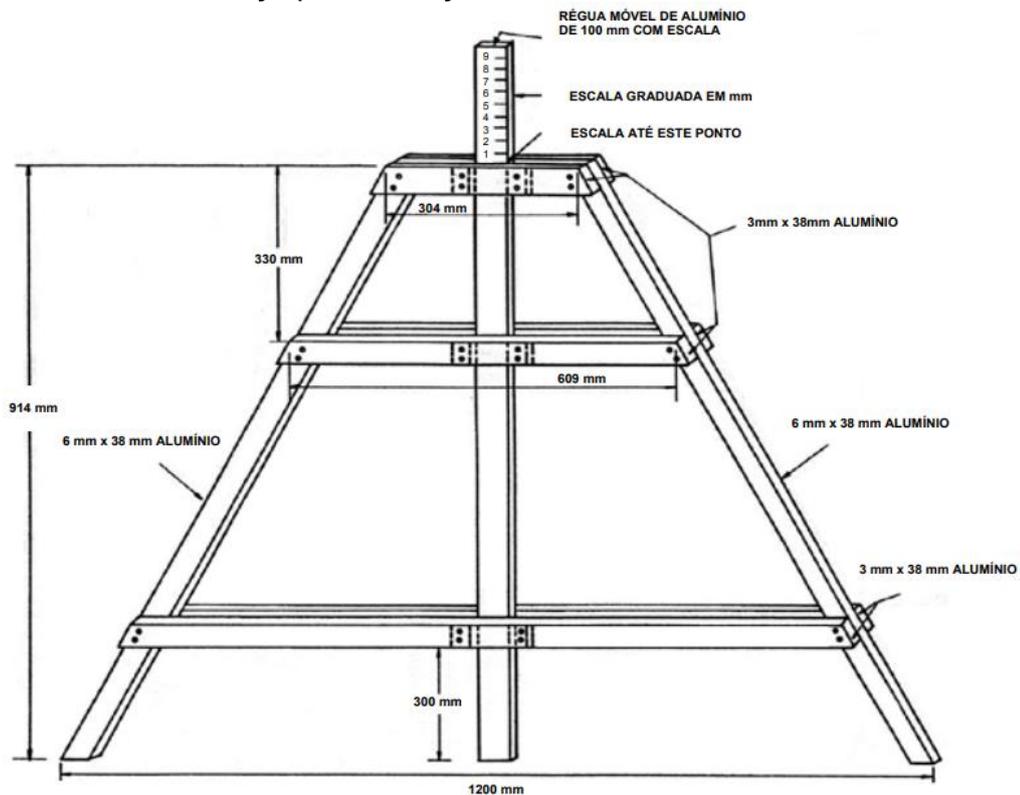
**FIGURA 3 – Afundamento plástico da trilha de roda**



Fonte: DNIT, 2006.

Para a realização do estudo e utilizado uma treliça de medição das flechas do trilho de rodas com precisão de 0,5 mm de acordo com a especificações solicitados pela norma 006/2003 do DNIT, figura 4.

**FIGURA 4 – Treliça para medição das flechas da trilha de rodas**



Fonte: DNIT, 2003.

### 3.2.3 UTILIZAÇÃO DO (IGG)

Para a utilização do método de identificação de gravidade global (IGG) devemos seguir os seguintes passos;

1º passo foi a realização da coleta em loco dos dados necessários para obtenção do estado da patologia utilizando como referência de análise, os quadros de resumos de defeito e o formulário obtido na norma do DNIT 006/2009-TER, presentes nas tabelas 1 e 2.

TABELA 1 – Resumos dos defeitos

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
<b>Fissuras</b>				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO		
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ALP		
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ATP		
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ALC		
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ATC		
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos				Remendo Superficial	RS		
				Remendo Profundo	RP		

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

\_\_\_\_\_ /Índice Geral

Fonte: DNIT, 2003



2º passo foi a execução dos cálculos da variância das flechas que é dada pela fórmula:

Parte 1 – cálculo da média:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Parte 2 – cálculo da variância:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Onde:

$\bar{x}$ - Média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

$x_i$ - Valores individuais;

s - Desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

$s^2$ - Variância;

n - Nº de estações.

3º passo foi a execução dos cálculos de IGI (índice de gravidade individual), que é dada pela fórmula:

$$IGI = f_r \times f_p$$

Onde:

$f_r$  - Frequência relativa;

$f_p$ - Fator de ponderação, que é obtido de acordo com a Tabela 3.

Para o fator de ponderação ( $f_p$ ) , dos cálculos realizado no 2º passo que é referente a variância das flechas deve se considerar os seguintes critérios:

- Quando a média for menor ou igual a 30 deve-se utilizar  $f_p = \frac{4}{3}$  e quando for superior a 30, utilizar IGI=40;
- Quando a variância for menor ou igual a 50, utilizar  $f_p = 1$ , e quando for superior a 50 utilizar IGI=50.

**TABELA 3** – Valor do fator de ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia” (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA:Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT, 2003.

4º passo e calcular o grau de gravidade da patologia que é o IGG (índice de gravidade global), onde é obtido pela fórmula;

$$IGG = \sum IGI$$

Onde;

$\sum IGI$ - Somatório de todos os índices f=de gravidade individual.

5º passo e definir o grau de degradação do pavimento de acordo com a tabela 4.

**TABELA 4** – Conceito de degradação do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT, 2003.

6º passo a definição da melhor tratativa de recuperação desse local.

De acordo com a norma DNIT 154/2010-ES, existem 3 tipos de serviços que podem ser realizados para a recuperação das patologias onde são:

- Remendos; execução de tapa buracos onde e utilizado CBUQ ou CBUA;
- Remendos superficiais; correção da área localizada pela mistura de massa asfáltica, técnica normalmente mais usual e o recapeamento.
- Remendos profundos; e a execução de reparo onde há a remoção do revestimento deteriorado podendo também ser removidas até as camadas inferiores e substituí-las por uma nova camada, técnica normalmente mais usual e a fresagem e recomposição.

#### **4 RESULTADO**

No estudo realizado na BR 040 KM 39+780 e o km 40+980 mg no município de Paracatu – mg, foram feitas as demarcações das áreas na superfície do asfalto. Após realizar essas marcações das áreas foram analisadas e preenchida a planilha do inventario, marcando os defeitos encontrados no pavimento, após isso feito e realizado o cálculo para se obter o Índice de Gravidade Global.



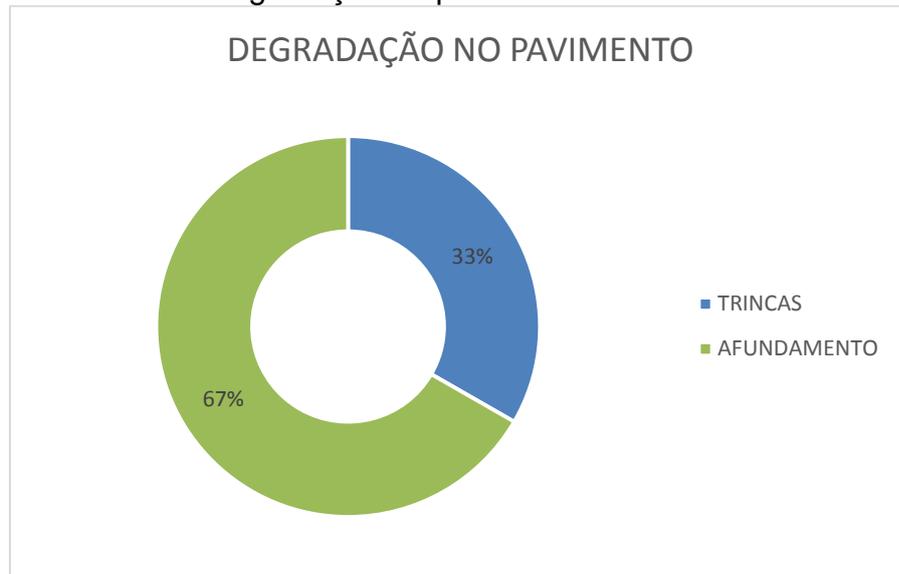
**TABELA 6 – Resultado obtido em campo**

SEGMENTO					
TIPO DE DEFEITO	NATUREZA DO DEFEITO	FA	FR	FP	IGI
1	(FCI) F, TTV, TTL		0	0,2	0
2	(FCII) J, TB	1	50	0,5	25
3	(FCIII) JE, TBE		0	0,8	0
4	ALP, ATP	2	100	0,9	90
5	O, P		0	1	0
6	E		0	0,5	0
7	D		0	0,3	0
8	R		0	0,6	0
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI E TRE	F= 1,5	-	1A (X) 1B ( )	2
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas a trilhas	FV= 0,5	-	2A (X) 2B ( )	0,5
ESTAÇÕES	2				
				IGG=	117,5

**Fonte:** Autor, 2022.

Foi observado que IGG (Tabela 6) ficou entre  $80 < IGG \leq 160$  que determinou a condição dos pontos como ruim.

As patologias (gráfico 1) encontradas foram:

**GRÁFICO 1**– Degradação no pavimento

**Fonte:** Autor, 2022.

Após essa análise pode se obter que a proposta de manutenção mais adequada e a recomposição do pavimento por fresagem ou recapeamento.

Mas com o acúmulo de material no bordo da patologia a manutenção com maior eficácia será a fresagem e recomposição.

## 5 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

A manutenção de um pavimento e a aglomeração de técnicas, que possuem a finalidade de adequar o pavimento com defeito para um pavimento trafegável, a fim de prolongar a vida útil do mesmo (DNIT, 2006).

De acordo com DER/SP (2006), o serviço de manutenção tem 4 classificações:

- Conservação de rotina; e a manutenção de forma rotineira afim de sanar e reparar os defeitos;
- Reabilitação: tem a finalidade de trazer para o pavimento as suas condições originais por meio de reforços estruturais e remendos;
- Reconstrução: Substituição da estrutura do pavimento;
- Restauração: Tem como finalidade o restauro das qualidades de rolamento e da capacidade estrutural do pavimento.

A restauração do pavimento se dá pelo estudo realizado onde ele indica em qual o estado que se encontra o pavimento e assim podendo tomar as decisões corretas para a tomada da técnica de restauração correta (BERNUCCI, 2008).

Para as patologias de afundamento por consolidação local e afundamento plástico no trilho de rodas, ondulações, escorregamentos e exsudação, normalmente são utilizadas duas técnicas: a fresagem e o recapeamento.

### 5.1 RECAPEAMENTO

O recapeamento é a aplicação de uma nova camada de rolamento sobre a existente, com a finalidade de efetuar as correções de nivelamento do pavimento antigo (Rocha, 2010).

Segundo BALBO (2007), o recapeamento é dividido em duas fases;

- Camada de nivelamento ou reperfilagem; e a camada com a finalidade de corrigir os desnivelamentos, afundamentos localizados ou no trilho de rodas a fim de nivelar o greide da rodovia para sim poder aplicar a camada de reforço.
- Camada de reforço ou recapeamento; e a camada nova aplicada no pavimento já existente, e é executado devido a problemas estruturais ou funcionais e podem também ser de ambas as funções.

## 5.2 FRESAGEM

Já a fresagem é quando efetua o corte do pavimento antigo e no local e aplicado uma nova camada afim de melhorar suas capacidades de suporte e qualidade na faixa de rolamento, além de ser também uma grande vantagem ambiental, pois o material retirado pode ser reaproveitado (BERNUCCI, 2008).

Segundo DNIT (2006), a fresagem tem que obedecer 8 etapas executivas;

1. Sinalização;

O local deve ser sinalizado para controle de tráfego.

2. Efetuar marcação do serviço;

O local onde será executado o serviço deve ser marcado com giz, lápis ou tinta afim de delimitar toda área a ser recuperada.

3. Corte do material;

Será realizado de forma manual (picareta ou serra clipe) ou mecanizada (fresadora) onde o corte deve pegar toda a espessura e profundidade da patologia em formato retangular de forma que os bordos sempre estejam verticais.

4. Limpeza;

Deve ser realizado de forma manual com vassouras e os e formar mecânica com sopradores, onde deve se retirar todo o material cortado e descartado em um lugar adequado pois esse material pode ser reaproveitado.

5. Pintura de ligação;

será a aplicação da emulsão asfáltica do tipo RR (rompimento rápido) com o espargidor ou manualmente, onde o mesmo deve ser aplicado em todo o local do corte sem deixar nenhuma brecha.

Após a aplicação da emulsão deve-se esperar um tempo para ela secar e aí sim efetuar o lançamento da mistura asfáltica

6. Lançamento e espalhamento da mistura

O lançamento de forma manual deve ser realizado com pás quadradas começando o lançamento do material nos sentidos dos bordos para o eixo enquanto a mecanizada será realizada com caminhões e uma acabadora que te com responsabilidade de espalhar a matéria em toda região a ser aplicada.

Após esse processo deve ser realizado o acabamento manual com o rastelo onde e retirado o agregado graúdo do bordo para sim efetuar uma melhor ligação.

7. Compactação da mistura;

A compactação é realizada de forma manual para os pequenos reparos com placas vibratórias enquanto os de grandes volumes é realizado o rolo vibratório liso, rolo liso comum e rolo pneumático

8. Limpeza do local;

Após todas essas etapas concluídas, deve ser realizado a limpeza do local onde será removida todas as sobras do material aplicado e o restante do material que foi cortado e descartá-los em locais adequados.

## 6 CONCLUSÃO

Foi realizado um estudo da patologia presente, onde uma das principais situações observadas foram a distribuição de forças nas camadas do pavimento flexível. E que quando esse pavimento não passa por manutenções rotineiras a fim de amenizar suas patologias elas só tendem a aumentarem, e que grandes fatores dessas ocorrências e devido o aumento do número de veículos rodantes e a idade do pavimento.

O estudo foi realizado em campo, onde foi identificado e fotografada a patologia com uma câmera fotográfica com base dos manuais e normas do DNIT foram realizadas a identificação do tipo de patologia e o índice de gravidade global.

Com isso concluindo através dos cálculos e da observação em campo que a melhor tratativa para a patologia encontrada é a fresagem e recomposição.

## REFERÊNCIAS

BALBO, J. T., **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo. Oficina de Textos, 2007.

\_\_\_\_\_. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo. Plêiade, 1997.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, Brasil: Petrobras, 2008.

\_\_\_\_\_. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2008

BOTELHO, F. V. C.; SANTOS FILHO, F. P. **Viabilidade de Execução de Asfalto Drenante com o uso de calcário do DF. Estágio Supervisionado**. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ES 386: **Pavimentação pré-misturado a quente com asfalto polímero camada porosa de atrito**. Rio de Janeiro: DNER, 1999.

\_\_\_\_\_. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 095 - EM: **Cimentos asfálticos de petróleo. Especificação de Material**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

\_\_\_\_\_. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 136 - ME: **Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas - Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Método de Ensaio**. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT rodovias 2021: relatório gerencial**. Brasília. CNT: SEST SENAT, 2021. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/PesquisaCNTRodovias2021Web.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos. Norma DNIT 005/2003 – TER**. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Publicação IPR 720, 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento. Norma DNIT 006/2003 – PRO**. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **Pavimentação asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos - Especificação de serviço. Norma DNIT 154/2010 – ES**. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_.\_\_\_\_. **008/2003 – PRO**: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Rio de Janeiro, 2003, 11 p.

GONÇALVES, F. J. P. **Diagnóstico e Manutenção dos Pavimentos – Ferramentas Auxiliares**. Editora da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS, 2007.

PINTO, Salomão; PINTO, Isaac Eduardo. **Pavimentação asfáltica**: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos. Rio de Janeiro: Grupo Editora Nacional, 2015.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. **Pavimentação rodoviária**: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis. Rio de Janeiro: Synergia, 2010.

ROSENO, Jôfran Lima. **Avaliação de uma mistura asfáltica porosa com agregados calcários e asfalto-borracha. Dissertação (Mestrado em Geotecnia)**. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

SCHMIDT, M., **Estudo de patologias em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Maria – RS**. Rio Grande do Sul: RS, 2016.

WAPA, Washington. **Asphalt Pavement Association**. Asphalt Pavement Guide. Disponível em: <<http://www.asphaltwa.com/>>. Acesso em: 21 ago. 2022.