



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



CAUÊ MARTINS BORGES

AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO NAS RUAS IZAÚ RANGEL DE  
MENDONÇA E SATURNINO PEDRO DOS SANTOS UTILIZANDO OS MÉTODOS  
ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) E O PAVEMENT CONDITION INDEX  
(PCI).

Uberlândia

2021

CAUÊ MARTINS BORGES

AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO NA RUA IZAÚ RANGEL DE  
MENDONÇA E NA RUA SATURNINO PEDRO DOS SANTOS UTILIZANDO O  
MÉTODO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) E O PAVEMENT CONDITION  
INDEX (PCI).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Pires Leandro

Uberlândia

2021

CAUÊ MARTINS BORGES

AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO NA RUA IZAÚ RANGEL DE  
MENDONÇA E NA RUA SATURNINO PEDRO DOS SANTOS UTILIZANDO O  
MÉTODO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) E O PAVEMENT CONDITION  
INDEX (PCI).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Uberlândia, 27 de Outubro de 2021

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Rodrigo Pires Leandro  
Professor Orientador

---

Prof. Dr. Nassau de Nogueira Nardez  
Examinador UFU

---

Prof. Dr. Rogério Lemos Ribeiro  
Examinador UFU

## RESUMO

O pavimento asfáltico pode apresentar, ao longo de sua vida útil deteriorações decorrentes principalmente do tráfego e das condições climáticas. Os defeitos podem comprometer a segurança e o conforto do usuário. Dessa forma, utilizou-se o método Índice de Gravidade Global (IGG) e o método Pavement Condition Index (PCI), para avaliar as condições funcionais do pavimento asfáltico de trechos de duas ruas localizadas no bairro Jardim Finotti, em Uberlândia, Minas Gerais. A Rua Izaú Rangel de Mendonça é uma via de mão dupla, tráfego médio e presença de linha de transporte coletivo público. Já a Rua Saturnino Pedro dos Santos também é de mão dupla, porém de tráfego leve. Além de realizar a avaliação de ambas as ruas, o trabalho também tem como objetivo fazer uma comparação entre os dois métodos buscando concluir qual representa melhor a real condição do pavimento. A coleta de dados foi realizada manualmente e consolidada em planilhas para encontrar o resultado da avaliação. Diante disso, pôde-se concluir que a Rua Izaú Rangel de Mendonça possui um pavimento mais degradado quando comparado a Rua Saturnino Pedro dos Santos, em virtude da diferença de tráfego e relevo. Além disso, o método IGG pôde apresentar melhor as reais condições das ruas. Portanto, os dois métodos são válidos para a avaliação de pavimentos, porém o método IGG é mais recomendado quando necessita-se de uma análise mais rápida e em grandes extensões, por ser mais simples e fácil de aplicar. E o método PCI é mais indicado para avaliações em pequenos trechos, que são exigidos maior riqueza de detalhes.

**Palavras-chave:** Pavimento asfáltico. Índice de Gravidade Global. Pavement Condition Index.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Estrutura pavimento flexível .....	12
Figura 2 — Trinca isolada transversal.....	15
Figura 3 — Trinca isolada longitudinal .....	15
Figura 4 — Trinca interligada tipo "Couro de Jacaré" .....	16
Figura 5 — Trinca interligada tipo "bloco" .....	17
Figura 6 — Afundamento plástico das trilhas de roda.....	18
Figura 7 — Afundamento de consolidação das trilhas de roda .....	18
Figura 8 — Ondulação .....	19
Figura 9 — Escorregamento .....	20
Figura 10 — Exsudação.....	21
Figura 11 — Desgaste .....	22
Figura 12 — Buraco .....	23
Figura 13 — Remendo .....	24
Figura 14 — Desempenho do pavimento asfáltico de uma seção da AASHO Road Test .....	25
Figura 15 — Relação de gastos em diferentes momentos de manutenção .....	26
Figura 16 — Sistema de Gerência de Pavimentos.....	27
Figura 17 — Localização da superfície de avaliação .....	28
Figura 18 — Árvore de decisão para trincas por fadiga .....	38
Figura 19 — Árvore de decisão para trincas em blocos.....	38
Figura 20 — Árvore de decisão para trincas laterais.....	39
Figura 21 — Árvore de decisão para trincas longitudinais .....	39
Figura 22 — Árvore de decisão para trincas por reflexão .....	39
Figura 23 — Árvore de decisão para trincas transversais.....	40
Figura 24 — Árvore de decisão para remendos.....	40
Figura 25 — Árvore de decisão para painelas .....	40
Figura 26 — Árvore de decisão para deformações permanentes nas trilhas da roda .....	41
Figura 27 — Árvore de decisão para corrugação.....	41
Figura 28 — Árvore de decisão para exsudação .....	41
Figura 29 — Árvore de decisão para agregados polidos .....	42
Figura 30 — Localização e extensão das ruas analisadas .....	44
Figura 31 — Características Rua Izaú Rangel de Mendonça.....	45
Figura 32 — Características Rua Saturnino Pedro dos Santos.....	45
Figura 33 — Resultados obtidos para classificação do pavimento das ruas analisadas .....	50

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 — Codificação e classificação das fendas .....	29
Tabela 2 — Codificação e classifica dos demais defeitos .....	29
Tabela 3 — Valores do fator de ponderação.....	32
Tabela 4 — Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG .....	33
Tabela 5 — Defeitos de pavimentos asfálticos e critério de medição .....	34
Tabela 6 — Classificação do pavimento de acordo com os valores de PCI .....	36
Tabela 7 — Critérios para classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão .....	37
Tabela 8 — Cálculo do IGG para a Rua Izaú Rangel de Mendonça .....	47
Tabela 9 — Cálculo do IGG para a Rua Saturnino Pedro dos Santos .....	47
Tabela 10 — Classificação atribuída ao pavimento pelo método PCI.....	49

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CNT	Confederação Nacional dos Transportes
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
FRN	Fundo Rodoviário Nacional
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SNV	Sistema Nacional de Viação
IGG	Índice de Gravidade Global
PCI	Pavement Condition Index
AASHTO Officials	American Association of State Highway and Transportation Officials
IGI	Índice de Gravidade Individual
ICP	Índice de Condição do Pavimento
USACE	United States Army Corps of Engineers
VDC	Valor de Dedução Corrigido
PSI	Present Serviceability Index
CERL	Construction Engineering Reserch Laboratory
DNER	Departamento Nacional de Estrada de Rodagem

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1	HISTÓRICO .....	9
1.2	OBJETIVO.....	10
2	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
2.1	PAVIMENTO ASFÁLTICO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2	DEFEITOS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	13
2.2.1	<b>Fenda</b> .....	14
2.2.1.1	<i>Trinca isolada</i> .....	14
2.2.1.2	<i>Trinca interligada</i> .....	15
2.2.2	<b>Afundamento em trilha de roda</b> .....	17
2.2.3	<b>Ondulação ou corrugação</b> .....	18
2.2.4	<b>Escorregamento</b> .....	19
2.2.5	<b>Exsudação</b> .....	20
2.2.6	<b>Desgaste</b> .....	21
2.2.7	<b>Panela ou buraco</b> .....	22
2.2.8	<b>Remendo</b> .....	23
2.3	DESEMPENHO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	24
2.3.1	<b>Avaliação funcional do pavimento</b> .....	25
2.4	ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG).....	28
2.5	PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) .....	33
2.6	ÁRVORE DE DECISÃO .....	36
3	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	43
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	43
4	<b>RESULTADOS</b> .....	46
4.1	MÉTODO IGG .....	46
4.2	MÉTODO PCI.....	48
4.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS .....	49
4.4	COMPARAÇÃO ENTRE AS VIAS ANALISADAS .....	50
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO</b> .....	51
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	53
	ANEXO A — Formulário de Inventário pelo método IGG .....	55
	ANEXO B — Planilha de Cálculo do IGG.....	56
	ANEXO C — Planilha de inspeção de campo pelo método do PCI.....	57
	ANEXO D — Planilha de cálculo do valor do PCI .....	58
	ANEXO E — Curvas para obtenção dos valores de dedução e do valor de dedução corrigido.....	59
	APÊNDICE A — Levantamento dos defeitos pelo método IGG .....	63
	APÊNDICE B — Planilha de cálculo do IGG para cada via .....	64
	APÊNDICE C — Planilha de cálculo do PCI para cada seção .....	66

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte, tanto de passageiros quanto de mercadorias, é um dos pilares do desenvolvimento de um país. Garante o acesso da população à educação, à saúde, ao trabalho, ao lazer e convívio social. No Brasil, como em vários lugares do mundo, o principal meio de transporte é o rodoviário. Diante disso, é necessário que a malha rodoviária apresente boas condições de utilização, oferecendo economia, segurança e conforto aos usuários.

Segundo dados da Confederação Nacional dos Transportes (CNT) (CNT, 2018), o país transporta por rodovias cerca de 60% de suas cargas e 90% de seus passageiros. Em um país dependente da malha rodoviária, é fato que os danos causados nas vias são frequentes. Além da magnitude das cargas transportadas, as condições climáticas de cada região e, o volume de tráfego, contribuem para um ciclo de vida limitado do pavimento.

Ainda que o Sistema Nacional de Viação (SNV) registre a existência de 1.735.621 km de rodovias no país, apenas 212.886 km (12,3%) são pavimentados. Isso equivale a uma densidade rodoviária de apenas 24,8 km para cada 1.000 km<sup>2</sup> de área territorial. Ou seja, cerca de 17 vezes menor do que a densidade nos EUA (438,1 km para cada 1.000 km<sup>2</sup> de área territorial) (CNT, 2019).

Para o cumprimento da função do pavimento, torna-se necessária a execução de serviços de recuperação na malha viária de forma constante, requerendo a utilização de uma gama variada de recursos físicos e humanos e um fluxo constante de recursos financeiros, tendo como prioridade as vias mais deterioradas. Essa avaliação é realizada através de levantamento de dados coletados pelos órgãos competentes (DNIT, 2005). Assim, para uma maior durabilidade das malhas viárias, é preciso que haja um planejamento de manutenção e recuperação.

### 1.1 HISTÓRICO

Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Como os pavimentos, a história também é construída em camadas e, frequentemente, as

estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas (BERNUCCI *et al.* 2008).

As primeiras construções de vias de transporte foram executadas por razões de ordem religiosas, econômicas, de integração regional e de interesse militar. Os egípcios foram os pioneiros na construção de drenos laterais e também na execução de uma pavimentação em caminhos abertos.

Para a construção das pirâmides no Egito (2600-2400 a.C.), foram construídas vias com lajões justapostos sobre base com boa capacidade de suporte. O atrito era amenizado com umedecimento constante por meio de água, azeite ou musgo molhado (Saunier, 1936).

Segundo o Ministério da Infraestrutura, no Brasil, houve maior desenvolvimento na construção de rodovias nas décadas de 1940 e 1950, em função da criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946, proveniente do imposto sobre combustíveis líquidos. Além disso, em 1956, a indústria automobilística instalou-se no país e o governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961) impulsionou a implantação de rodovias, aumentando significativamente a área pavimentada do Brasil.

Os pavimentos rodoviários representam um valioso patrimônio cuja conservação e restauração oportunas são essenciais para a sua preservação. Qualquer interrupção ou redução na intensidade ou na frequência dos serviços necessários à manutenção desse patrimônio implicará em aumentos substanciais nos custos de operação dos veículos e na necessidade de investimentos cada vez mais vultosos para recuperação da malha rodoviária (DNIT, 2013).

## 1.2 OBJETIVO

Esse trabalho tem o objetivo de avaliar trechos de pavimentos asfálticos na Rua Izaú Rangel de Mendonça e na Rua Saturnino Pedro dos Santos, ambas localizadas no bairro Jardim Finotti em Uberlândia, Minas Gerais. A avaliação será realizada através de dois métodos distintos, sendo eles: Índice de Gravidade Global (IGG) e Pavement Condition Index (PCI). Além disso, será realizado uma comparação entre os resultados da classificação do pavimento por ambos os métodos e também comparação entre as ruas que possuem características diferentes.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PAVIMENTO ASFÁLTICO

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito - a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito. Possui como função resistir aos esforços resultantes do tráfego de veículos e do clima, oferecendo ao usuário as melhores condições para o deslocamento. Dessa forma, as diversas camadas presentes na estrutura do pavimento possuem funções específicas individualmente, mas em conjunto são dimensionadas para garantirem as seguintes características desejáveis:

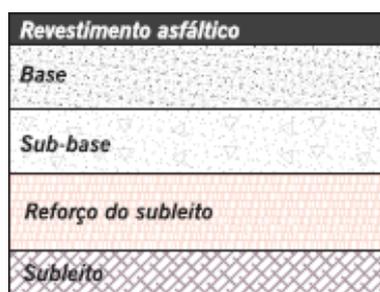
- a. Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- b. Melhorar as condições de rolamento em relação à comodidade e segurança dos usuários;
- c. Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

De acordo com o DNIT (2006), os pavimentos podem ser classificados de três formas distintas, baseadas no comportamento mecânico da estrutura. Sendo eles: flexível, semirrígido e rígido.

Segundo Bernucci (2008), os pavimentos flexíveis, em geral associados aos pavimentos asfálticos, são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes.

A estrutura do pavimento não é infundável, ela é constituída por camadas de materiais distintos, que são compactados a partir da primeira camada. Essa estrutura é desenvolvida para suportar e transmitir os esforços de forma a amenizar pressões sobre as camadas subjacentes (BALBO, 2007). Na Figura 1 podemos observar uma estrutura-tipo do pavimento flexível com suas camadas constituintes:

Figura 1 — Estrutura pavimento flexível



Fonte: Bernucci et al. (2008)

O subleito pode ser definido como o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento. Deve ser estudado e considerado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego. Em termos práticos, tal profundidade deve situar-se entre 0,60 m a 1,50 m.

Essa camada será constituída de material natural consolidado e compactado, por exemplo, nos cortes do corpo estradal, ou por um material transportado e compactado, no caso dos aterros. Eventualmente, será também aterro sobre corte de características medíocres de subleito (BALBO, 2007).

- **Regularização do subleito:** segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), a regularização não constitui, propriamente uma camada de pavimento, sendo, a rigor uma operação que pode ser reduzida em corte do subleito implantado ou em sobreposição a este, de camada com espessura variável.

Acima do subleito, pode-se fazer uso do reforço do subleito, no entanto, sua utilização é facultativa, devido ao fato de que outras camadas superiores podem suprir sua necessidade. Mas quando utilizada é uma camada de espessura constante, construída acima do subleito regularizado, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada superior a mesma, mas melhores que o material do subleito. Normalmente, é utilizada quando não é viável técnica ou economicamente a construção de uma sub-base e uma base mais espessas (BALBO, 2007).

Após o reforço do subleito, encontra-se a sub-base que possui função de resistir e repassar os esforços aplicados sobre as camadas superiores às inferiores, mas também atua na drenagem do pavimento. A mesma torna-se necessária quando não é aconselhável construir a base acima da regularização ou reforço do subleito por

circunstâncias técnicas e econômicas, permitindo a diminuição da espessura de base. Com isso, gera-se economia de recursos pelo fato da sub-base ser composta de materiais de menor custo quando comparada a camada superior (BALBO, 2007).

Entre o revestimento asfáltico e a sub-base apresenta-se a base, considerada a camada mais importante da estrutura pois está localizada abaixo do revestimento, sendo responsável pelo suporte estrutural do pavimento e também por dissipar as cargas de forma uniforme nas camadas inferiores. Possui exigência de material de excelente qualidade, compactação elevada, sendo necessário uma execução de alta precisão.

Por fim, o revestimento ou camada de rolamento, recebe ações diretamente da ação do tráfego de veículos e do clima. Tem como função promover uma superfície de rolamento de qualidade, oferecendo maior conforto e segurança ao usuário da via, mas também resistir as cargas atuantes no pavimento.

A camada de rolamento é constituída, em cerca de 90% a 95%, por uma camada de agregado mineral e outra de material asfáltico, entre 5% a 10%, sendo o agregado o responsável por suportar as cargas aplicadas e transmiti-las à camada inferior. Já o material asfáltico é um elemento aglutinante, fazendo a ligação entre os agregados e contribuindo para a impermeabilização do pavimento. Desse modo, é possível afirmar que o revestimento representa tanto alta importância técnica na estrutura quanto econômica, representando o maior custo do sistema (SOUZA, 2015).

## 2.2 DEFEITOS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Para que o sistema rodoviário exerça de forma satisfatória, a sua importante missão e não venha a se constituir em fator de inibição ao desenvolvimento e integração sócio-econômica, é fundamental que a rodovia ofereça, de forma permanente, um elevado nível de serventia, ou seja, adequado desempenho (DNIT, 2005). No entanto, é natural que um pavimento apresente, ao longo de sua vida útil, degradações que implicam em alterações das propriedades mecânicas da estrutura e comprometam a segurança e conforto do usuário.

Segundo a American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) quando se trata de parâmetros de serventia, estes podem ser relacionados ao desempenho estrutural do pavimento e funcional do pavimento. Desse modo, o DNIT apresenta uma listagem na norma DNIT 005/2003 - TER, com os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

### 2.2.1 Fenda

Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento que conduza a aberturas no revestimento asfáltico, apresentando-se sob diversas formas. Essas fendas podem ser definidas como fissuras ou trincas. As fissuras são as fendas capilares no revestimento asfáltico que podem ser vistas a uma distância menor do que 1,5 m. Por outro lado, as trincas são facilmente visíveis e podem ser isoladas ou interligadas (DNIT, 2003).

#### 2.2.1.1 *Trinca isolada*

As trincas isoladas podem ser dos seguintes tipos: transversal, longitudinal ou de retração. A trinca transversal apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via e a trinca longitudinal direção predominantemente paralela ao eixo da via. As trincas transversais e longitudinais podem ainda ser classificadas quanto a sua extensão em longas (comprimento maior que 100 cm) ou curtas (comprimento menor que 100 cm). As Figuras 2 e 3, ilustram trinca transversal e trinca longitudinal, respectivamente (DNIT, 2003).

Figura 2 — Trinca isolada transversal



Fonte: DNIT (2003)

Figura 3 — Trinca isolada longitudinal



Fonte: DNIT (2003)

#### 2.2.1.2 *Trinca interligada*

As trincas interligadas podem ser do tipo "Couro de Jacaré" caracterizadas por um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais. Essas trincas podem

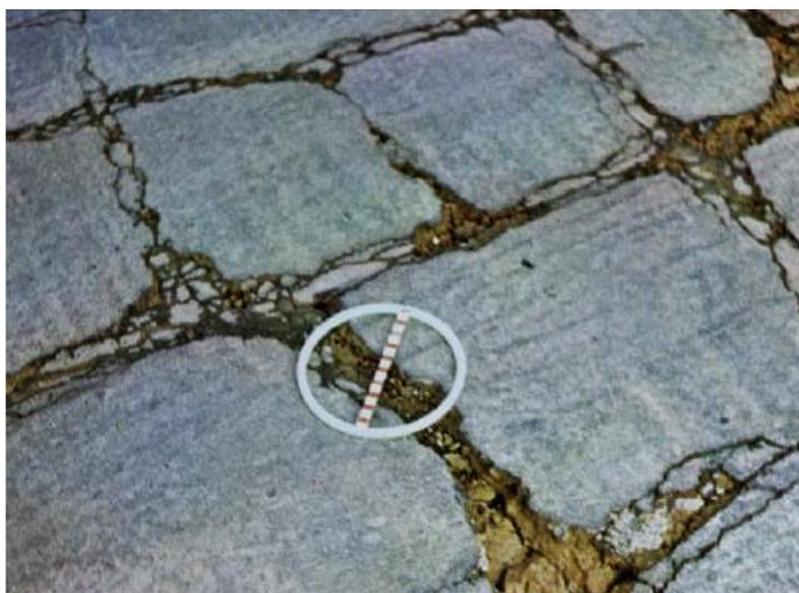
apresentar erosão acentuada nas bordas. Esse tipo de trincamento normalmente é associado à fadiga do revestimento asfáltico. Outro tipo de trincamento interligado são trinças em forma de blocos, formando lados bem definidos. As Figuras 4 e 5, exemplificam casos de trinca interligada "Couro de Jacaré" e trinca interligada tipo bloco, respectivamente (DNIT, 2003).

Figura 4 — Trinca interligada tipo "Couro de Jacaré"



Fonte: DNIT (2003)

Figura 5 — Trinca interligada tipo "bloco"



Fonte: DNIT (2003)

### 2.2.2 Afundamento em trilha de roda

O afundamento em trilha de roda é decorrente da deformação permanente podendo ser por afundamento plástico ou de consolidação. O afundamento plástico pode ser causado pela fluência de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local e em extensão superior a 6 m é denominado afundamento plástico em trilha de roda. Nesse tipo de deformação permanente não ocorre variação de volume do material da camada, sendo este volume apenas deslocado por cisalhamento. Na Figura 6 pode-se perceber o afundamento plástico da trilha de roda (DNIT, 2003).

O afundamento por consolidação é causado pela consolidação provocada pela ação de compactação adicional decorrente da ação do tráfego e pode ser exemplificado através da Figura 7. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento local por consolidação; em extensão superior é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda (DNIT, 2003).

Figura 6 — Afundamento plástico das trilhas de roda



Fonte: O autor (2020)

Figura 7 — Afundamento de consolidação das trilhas de roda



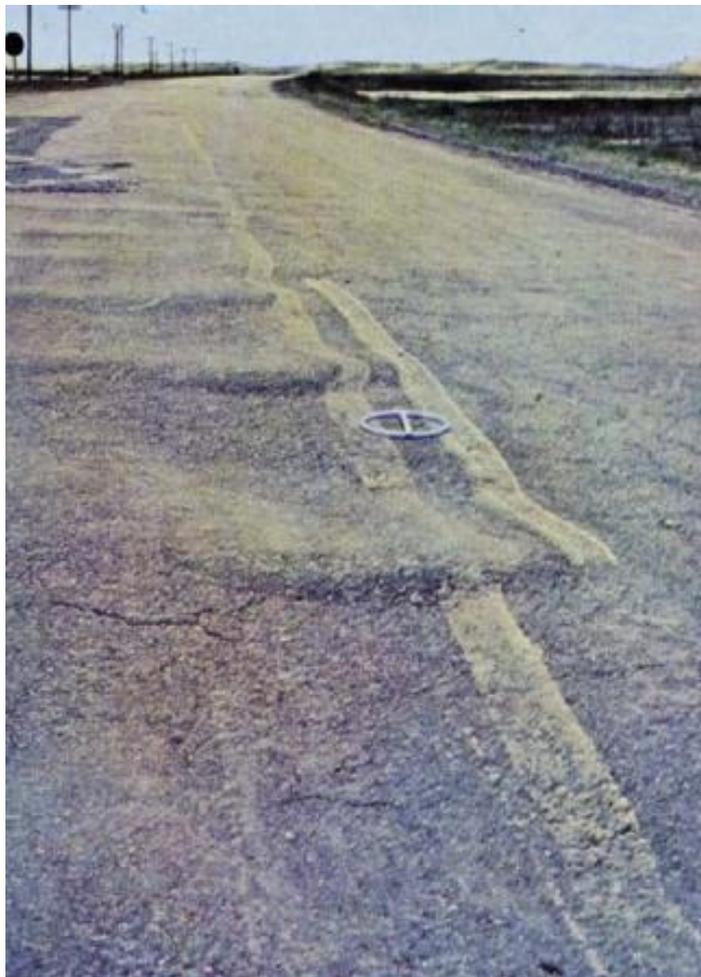
Fonte: Bernucci et al. (2008)

### 2.2.3 Ondulação ou corrugação

Apresenta-se como um deslocamento longitudinal do pavimento, ocasionando ondulações transversais na sua superfície. Geralmente esse defeito acontece por dosagem inadequada da mistura asfáltica, fraca ligação entre base e revestimento, e estrutura insuficiente. Concentra-se nas elevações, intersecções e curvas, sendo

causado por esforços tangenciais (frenagem e aceleração). Na Figura 8, pode-se perceber a presença de ondulações no pavimento (DNIT, 2003).

Figura 8 — Ondulação



Fonte: DNIT (2003)

#### 2.2.4 Escorregamento

Escorregamento é um movimento horizontal do revestimento, causado por esforços tangenciais transmitidos pelos veículos em frenagens e acelerações, normalmente localizados em aclives e declives, curvas de raio pequeno, interseções e paradas de ônibus. Tem como característica ondulação curta e abrupta no pavimento, decorrente da fluência do revestimento, conforme ilustrado na Figura 9 (DNIT, 2003).

Figura 9 — Escorregamento

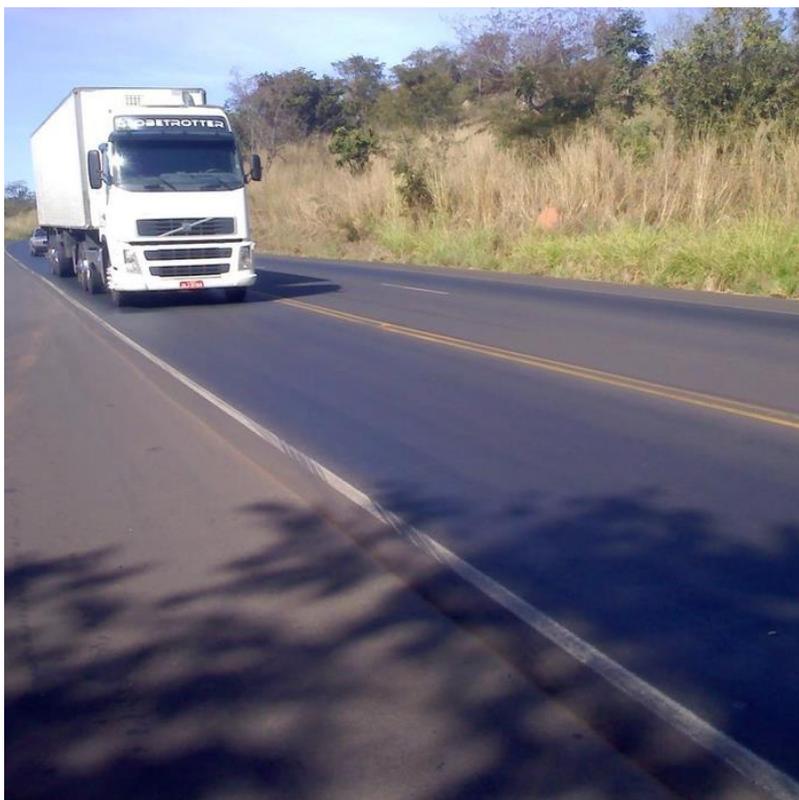


Fonte: Bernucci et al. (2008)

### 2.2.5 Exsudação

A exsudação nos concretos asfálticos é caracterizada pelo excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento. Pode-se apresentar como um asfalto com alteração de sua coloração normal ou perda de sua textura comum. Na maioria das vezes, o agregado evidencia esse excesso de material betuminoso na sua coloração mais escura, conforme Figura 10. Tem como principais causas dosagem inadequada da mistura asfáltica ou temperatura do ligante acima da ideal no momento da mistura (DNIT, 2003).

Figura 10 — Exsudação



Fonte: Leandro (2019)

### 2.2.6 Desgaste

Segundo Machado (2013), o desgaste é causado pelo deslocamento de partículas de agregados e perda de adesividade do ligante asfáltico. Essa situação ocorre devido a envelhecimento, endurecimento, oxidação, volatilização, intemperização. Quanto mais adequada é feita a mistura asfáltica (dosagem ou temperatura de execução) e, posteriormente, a aplicação da mesma (boas condições meteorológicas no momento da aplicação, correta compactação, tempo adequado para liberação ao tráfego), melhor a adesividade entre agregados e ligante asfáltico, o que diminui a probabilidade da ocorrência do desgaste precoce. A Figura 11 ilustra a existência do desgaste.

Figura 11 — Desgaste



Fonte: Bernucci et al. (2008)

### 2.2.7 **Panela ou buraco**

O defeito do tipo panela é caracterizado pela cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, apresentando fragmentação do pavimento e remoção localizada de partes do revestimento. Segundo Machado (2013) é mais comum em revestimentos com pouca espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores (falha estrutural). Pode aparecer em locais com segregação de material (falta de ligante em alguns pontos) ou com problemas construtivos (drenagem inadequada). A Figura 12 apresenta esse tipo de defeito.

Figura 12 — Buraco



Fonte: O autor (2020)

### 2.2.8 Remendo

O remendo é um tipo de defeito, apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície, que se caracteriza pelo preenchimento de painéis ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica. De acordo com o manual de levantamento de defeitos desenvolvido no programa estratégico de pesquisas rodoviárias, remendo pode ser definido como uma porção da superfície do pavimento, maior que  $0,1 \text{ m}^2$  removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial (DNIT, 2003). A Figura 13 ilustra um remendo.

Figura 13 — Remendo



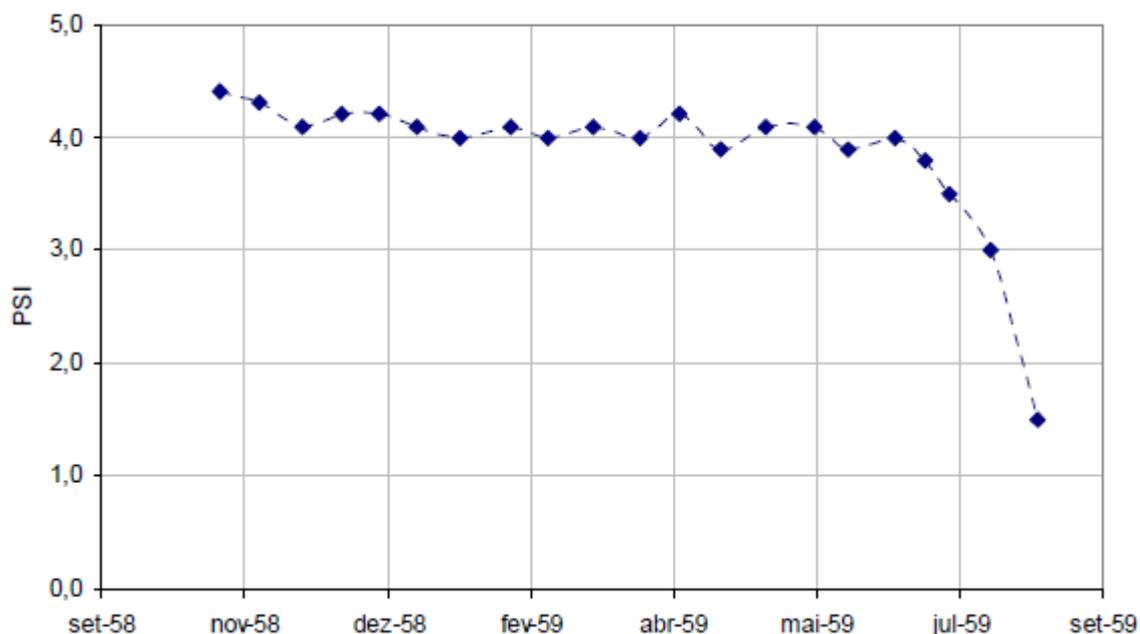
Fonte: Bernucci et al. (2008)

### 2.3 DESEMPENHO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Os pavimentos não são concebidos para durarem eternamente, mas para um determinado período de tempo ou ciclo de vida. O decréscimo da condição ou da serventia do pavimento ao longo do tempo é conhecido como desempenho (DNER, 1998). Segundo Nakahara (2005), serventia é definida como o grau com que o pavimento atende aos requisitos de conforto ao rolamento e segurança, nas condições operacionais da via em um determinado momento de sua vida de serviço.

Carey e Irick (1960) propuseram o termo desempenho através do conceito "serventia-desempenho". Por meio dos estudos realizados nas pistas experimentais da American Association of State Highway Officials (AASHO Road Test), desenvolveram um sistema que facilitou a definição de desempenho. Pode ser definido como a variação da serventia (medida pelo índice Present Serviceability Index, PSI) ao longo do tempo, conforme mostra a Figura 14, para uma seção de pavimento asfáltico da AASHO Road Test (Highway Research Board, 1962). Os valores de PSI são maneiras aproximadas de obter a serventia e indicadores do desempenho do pavimento. Para o cálculo de PSI leva-se em consideração a irregularidade, a média do afundamento da trilha de roda, quantidade de trincas e panelas.

Figura 14 — Desempenho do pavimento asfáltico de uma seção da AASHO Road Test



Fonte: Nakahara (2005)

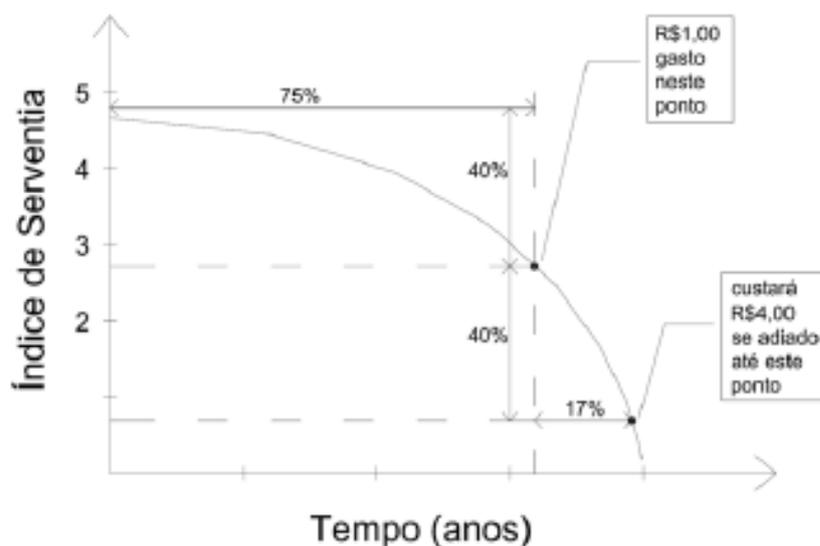
### 2.3.1 Avaliação funcional do pavimento

Diversos critérios de avaliação funcional foram desenvolvidos e utilizados ao longo dos últimos anos. Os critérios subjetivos permitem avaliar as condições dos pavimentos com base na opinião do usuário, sem detalhar os tipos e quantidades de defeitos existentes. Os critérios objetivos destinam-se à qualificação e à quantificação dos defeitos através de metodologias específicas para cada tipo de avaliação desejada. Qualquer que seja o critério de avaliação adotado, a finalidade de avaliação funcional é proporcionar parâmetros indicativos das necessidades de manutenção de uma rede rodoviária ou de uma via isoladamente (NAKAHARA, 2005).

Na maioria das vezes, o órgão responsável pelas vias precisa analisar qual é a melhor alternativa entre projetar um novo pavimento ou uma restauração de um pavimento já existente, levando em consideração o que é mais adequado em termos econômicos. A Figura 15 expõe a relação de gastos em diferentes momentos, nos quais os custos de manutenção crescem exponencialmente em relação a degradação do pavimento. Além de que na falta de manutenção no período recomendado, o

pavimento irá se desgastar ainda mais, aumentando as despesas para uma recuperação de serventia.

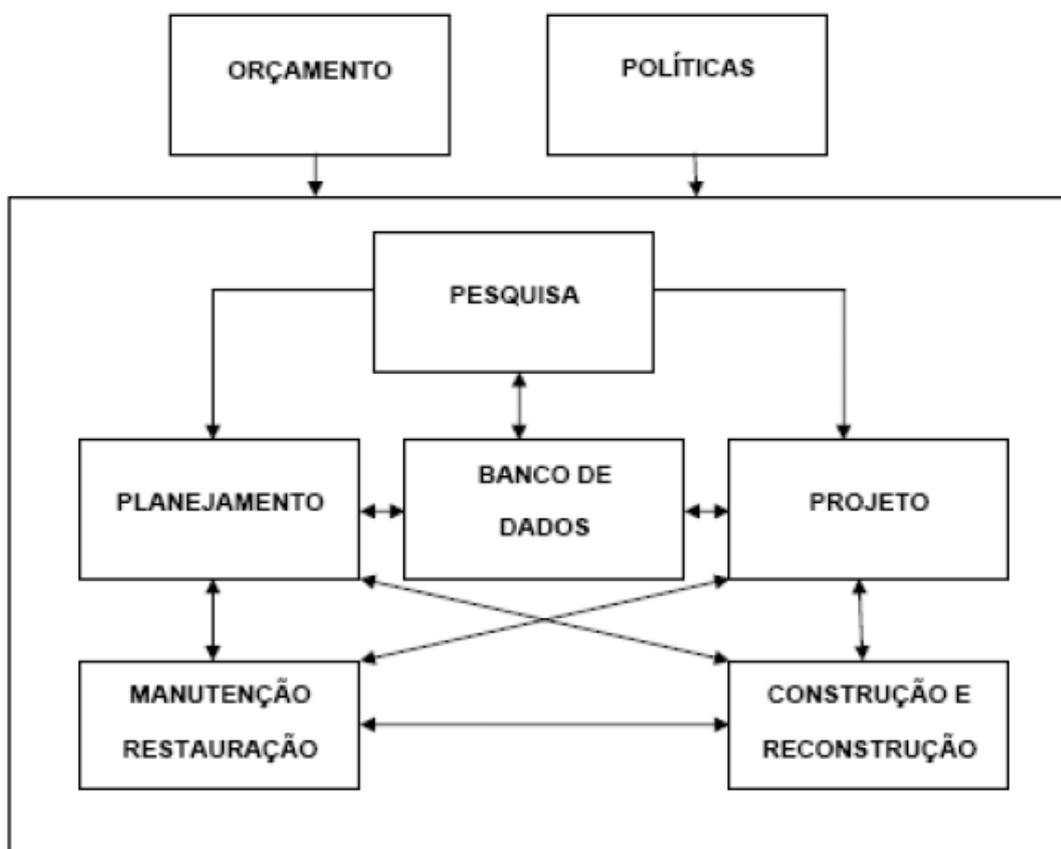
Figura 15 — Relação de gastos em diferentes momentos de manutenção



Fonte: Jover (2017)

Um dos grandes desafios para pesquisadores e engenheiros, é o desenvolvimento de modelos satisfatórios de previsão de desempenho dos pavimentos. Diante disso, uma das alternativas existente para monitorar e encontrar o momento ideal para a manutenção é a gerência de pavimentos. Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é definido como um conjunto de atividades de gestão de recursos e acompanhamento das fases de uma rede rodoviária pavimentada. As fases incluem planejamento, programação de investimentos, projeto, construção, manutenção, avaliação e controle periódico das rodovias que compõem a rede (VISCONTI, 2000). De acordo com o DNIT (2011) a estrutura de um Sistema de Gerência de Pavimentos pode ser ilustrada adequadamente conforme Figura 16:

Figura 16 — Sistema de Gerência de Pavimentos



Fonte: DNIT (2011)

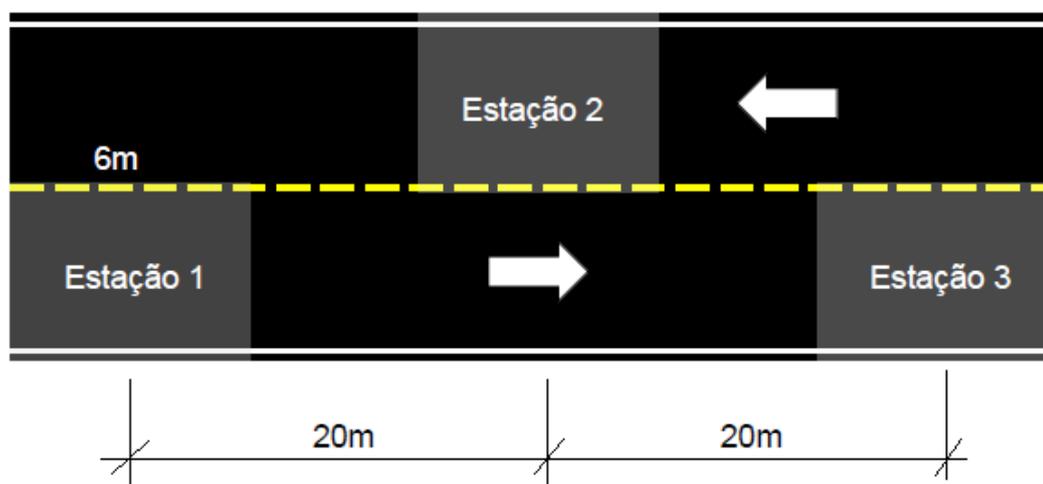
Dentre as atividades presentes no sistema de gerenciamento, a avaliação de pavimentos, tanto a subjetiva quanto a objetiva, é uma das fases mais importantes, pois os dados coletados são a base para as tomadas de decisões futuras. Essa atividade possibilita que sejam definidas as condições funcionais, estruturais e operacionais dos pavimentos dos segmentos contribuintes de uma malha viária em um determinado momento, mediante a obtenção dos dados fundamentais que alimentam periodicamente o SGP (JOVER, 2017). Há mais de quatro décadas, o SGP é uma ferramenta comum na maior parte dos departamentos de transporte estaduais dos Estados Unidos, pois as agências se deram conta dos benefícios do sistema de apoio a decisões gerenciais na busca por estratégias mais efetivas na administração de suas redes rodoviárias (NCHRP, 2004).

## 2.4 ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

O Índice de Gravidade Global (IGG) é um método de avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. O índice é definido pela norma DNIT 006/2003-PRO, a qual estabelece as definições, os critérios e os equipamentos utilizados para a realização desse tipo de avaliação.

O método baseia-se em fatores de ponderação para cada defeito inventariado na superfície do pavimento, com o objetivo de obter um valor numérico que expresse as condições encontradas da superfície de rolamento. As estações de análises nas rodovias de pista simples são demarcadas em campo a cada 20 m, alternados em relação ao eixo da via. Enquanto que a área é definida por uma seção 3 m à ré e 3 m à frente da estaca e pelo eixo de separação das pistas de rolamento, conforme Figura 17. Para o levantamento dos defeitos dos pavimentos, utiliza-se uma classificação das trincas e uma codificação adotada pela norma DNIT 005/2003-TER conforme Tabelas 1 e 2.

Figura 17 — Localização da superfície de avaliação



Fonte: Leandro (2019)

Tabela 1 — Codificação e classificação das fendas

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente 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

Fonte: DNIT (2003)

Tabela 2 — Codificação e classificações dos demais defeitos

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
"Painelas" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo Superficial		RS
		Remendo Profundo		RP

Fonte: DNIT (2003)

As ocorrências analisadas na via são anotadas no Formulário de Inventário (Anexo A) e calcula-se o valor do IGG por meio da planilha de cálculo (Anexo B), ambos definidos pelo DNIT.

Diante das codificações normatizadas acima, considera-se diferentes tipos de ocorrências de acordo com o defeito existência para análise do fator de ponderação.

- Tipo 1: Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR);
- Tipo 2: FC-2 (J e TB);
- Tipo 3: FC-3 (JE e TBE);
- Tipo 4: ALP e ATP;
- Tipo 5: O e P;
- Tipo 6: EX;
- Tipo 7: D;
- Tipo 8: R.

Define-se a frequência absoluta ( $f_a$ ) como o número de vezes em que a ocorrência foi verificada. A frequência relativa ( $f_r$ ) é obtida através da fórmula:

$$f_r = \frac{(f_a \times 100)}{n} \quad (1)$$

onde:

$f_r$  - frequência relativa;

$f_a$  - frequência absoluta;

$n$  - número de estações inventariadas.

Para as flechas medidas, devem ser calculados os seguintes parâmetros:

a. Para as rodovias de pista simples, a média ( $\bar{x}$ ) e a variância ( $s^2$ ) das flechas medidas nas Trilhas de Rodas Internas (TRI) e Trilhas de Rodas Externas (TER) de ambas as faixas de tráfego (DNIT, 2003).

b. Para as rodovias de pista dupla, a média ( $\bar{x}$ ) e a variância ( $s^2$ ) das flechas medidas nas TRI e TRE das faixas de tráfego mais solicitadas de cada pista, separadamente (DNIT, 2003).

Para o cálculo da média e da variância das flechas em TRI e TRE, utiliza-se as seguintes fórmulas definidas pelo DNIT (2003):

$$x = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n - 1}} \quad (3)$$

onde:

$x$  - média aritmética dos valores das flechas medidas;

$x_i$  - valores individuais;

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

$s^2$  – variância;

$n$  - número de estações inventariadas.

Para o cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI) utiliza-se os fatores de ponderação presentes na Tabela 3, de acordo com as ocorrências verificadas no pavimento, por meio da Equação 4.

$$IGI = f_r \times f_p \quad (4)$$

onde:

IGI – Índice de Gravidade Individual

$f_r$  - frequência relativa;

$f_p$  - frequência de ponderação.

Tabela 3 — Valores 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)

Para flechas, o fator de ponderação a utilizar depende do valor das médias aritméticas, conforme observações abaixo:

- Quando a média aritmética das médias das flechas for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3; quando superior a 30, o IGI é igual a 40 (DNIT, 2003);
- Quando a média das variâncias das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a 1; quando superior a 50, o IGI é igual a 50 (DNIT, 2003).

Diante dos valores obtidos por meio das equações anteriores, calcula-se o valor do IGG somando-se todos os valores obtidos de IGI.

$$IGG = \sum IGI \quad (5)$$

Com o valor obtido de IGG, define-se o conceito de degradação do pavimento por meio da Tabela 4:

Tabela 4 — Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT (2003)

## 2.5 PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)

Segundo APS et al. (1998), Pavement Condition Index (PCI) ou Índice de Condição do Pavimento (ICP) é originário de um estudo desenvolvido por Shain do Construction Engineering Research Laboratory (CERL), e publicado em julho de 1979 pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE), com o objetivo inicial de utilizar o método para gerenciar pavimentos de aeroportos. No entanto, percebeu-se que o índice poderia ser eficiente para malhas viárias, então houve uma adaptação para pavimentos asfálticos e concreto de cimento em vias urbanas. O método tem como objetivo obter um índice numérico que represente as condições da superfície do pavimento e os tipos de defeitos considerados, conforme são mostrados na Tabela 5. O método fornece informações para:

- classificar a estrutura e condições operacionais da superfície do pavimento;
- definir as necessidades de manutenção;
- definir as prioridades e necessidades de intervenções no pavimento, através de comparações entre os segmentos analisados;
- estabelecer o desempenho da superfície de rolamento por meio das conclusões obtidas do PCI.

Para a coleta de dados no método PCI, deve-se relatar a extensão, frequência e severidade dos defeitos encontrados na superfície do pavimento, conforme critérios a seguir:

- Severidade: baixa, média ou alta;
- Frequência: recorrência dos defeitos ao longo do segmento analisado;
- Extensão: área ocupada pelo defeito.

Tabela 5 — Defeitos de pavimentos asfálticos e critério de medição

DEFEITO	FORMA DE MEDIÇÃO
Couro de crocodilo	Área
Exsudação	Área
Fissura em Bloco	Metro
Elevação/Recalque	Área
Corrugação	Área
Afundamento localizado	Área
Fissura de borda	Metro
Fissura por reflexão de juntas	Metro
Desnível pista/acostamento	Metro
Fissuras longitudinal e transversal	Metro
Remendo	Área
Agregado polido	Área
Panela	Unidade
Cruzamento ferroviário	Área
Afundamento da trilha de roda	Área
Escorregamento de massa	Área
Fissura devido ao escorregamento de massa	Área
Inchamento	Área
Desgaste	Área

Fonte: APS et al. (1998)

Os defeitos são inventariados dentro de segmentos de aproximadamente 225 m<sup>2</sup> de área, a fim de identificar e anotar os tipos, extensão, quantidade e severidade de cada defeito. Os dados são registrados em uma planilha de inspeção de campo (Anexo C) e depois obtêm-se o valor do PCI através de uma planilha de cálculo exemplificada no Anexo D. Calcula-se o Valor de Dedução Corrigido por meio da Equação 6:

$$VDC = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} a(T_i, S_j, D_{ij}) \times F(t, q) \quad (6)$$

onde:

VDC - Valor de Dedução Corrigido;

$a()$  - valor de dedução;

$T_i$  - tipos de defeitos;

$S_j$  - níveis de severidade;

$D_{ij}$  - densidades;

$i$  - contador dos tipos de defeitos;

$j$  - contador dos níveis de severidade;

$p$  - número total de tipos de defeitos;

$m_i$  - número do nível de severidade para o enésimo tipo de defeito;

$F(t,q)$  - fator de ajuste para reduzir o efeito do excesso de tipos de defeito; ( $t$ ) depende do número de funções ( $a$ ) e ( $q$ ) é o número de valores numéricos de funções ( $a$ ) maiores que 5.

Os valores de dedução são obtidos em função do tipo, severidade e extensão do defeito, retratando o poder que o mesmo representa na condição do pavimento. Esses valores possuem uma variação de 0 a 100, sendo 0 significa que o defeito não é prejudicial às condições do pavimento e 100 significa que o defeito é muito prejudicial às condições do pavimento. No Anexo E pode-se encontrar as curvas para obtenção dos valores de dedução e do valor de dedução corrigido.

Após todos os dados citados anteriormente obtidos, calcula-se o valor do PCI conforme Equação 7:

$$PCI = 100 - VDC \quad (7)$$

onde:

PCI – *Pavement Condition Index*;

VDC – Valor de Dedução Corrigido.

A partir do valor de PCI calculado através da equação acima, pode-se classificar o pavimento de acordo com a Tabela 6:

*Tabela 6 — Classificação do pavimento de acordo com os valores de PCI*

PCI	CLASSIFICAÇÃO
Excelente	100 - 86
Muito Bom	85 - 71
Bom	70 - 56
Regular	55 - 41
Ruim	40 - 26
Muito Ruim	25 - 11
Péssimo	10 - 0

Fonte: O autor (2021)

## 2.6 ÁRVORE DE DECISÃO

Atividades de manutenção e reabilitação da superfície de rolamento são de extrema importância para corrigir os defeitos, resguardar os investimentos e oferecer aos usuários uma condição de utilização confortável, segura e econômica.

Para isso, FERNANDES JR. e PANTIGOSO (1998) propõem "árvores de decisão" para a seleção de atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos. Consideram como fatores os tipos de defeitos (nível de severidade e extensão) e o volume de tráfego (quando este influencia a ocorrência do defeito), sendo adotadas as seguintes atividades a seguir:

- Não fazer nada;
- Capa selante;
- Lama asfáltica;
- Tratamento superficial;
- Selagem de trincas;
- Preenchimento de buracos;
- Remendo;
- Regularização;
- Drenagem;

- Reciclagem;
- Recapeamento;
- Reconstrução;
- Recomposição do acostamento;
- Aplicação de areia quente.

Na Tabela 7 está presente os critérios utilizados para definição dos níveis de severidade, extensão e tráfego.

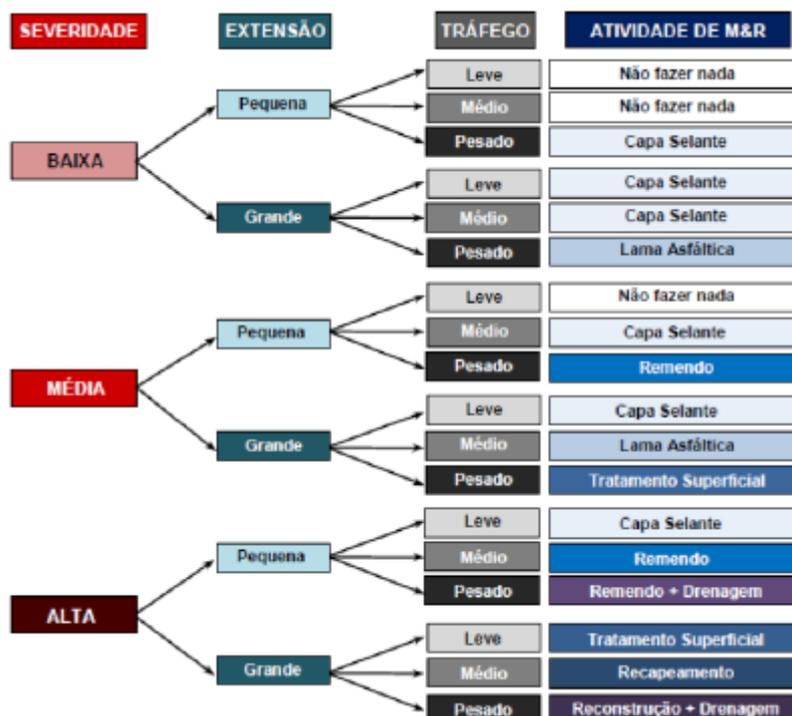
*Tabela 7 — Critérios para classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão*

<b>Severidade do defeito</b>			
	1	2	3
<b>Severidade</b>	Baixa	Média	Alta
<b>Extensão do defeito</b>			
	1	2	
<b>Extensão do defeito</b>	Pequena	Grande	
<b>Tráfego (VDM)</b>			
<b>VDM (x1000)</b>	1 - baixo	2 - médio	3 - pesado
<b>Tráfego (VDM)</b>	<1	(1-5)	>5

Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Portanto, após definição dos parâmetros acima, as árvores de decisão estão representadas nas Figuras 18 a 29 e seus respectivos defeitos:

Figura 18 — Árvore de decisão para trincas por fadiga



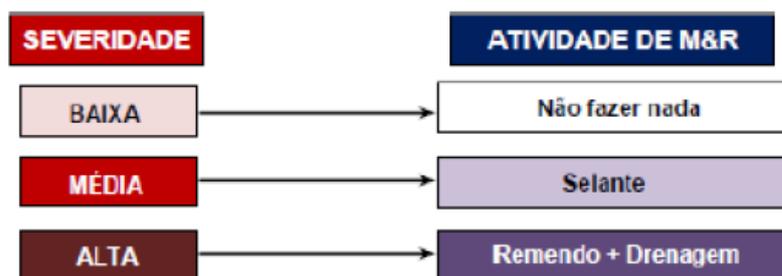
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 19 — Árvore de decisão para trincas em blocos



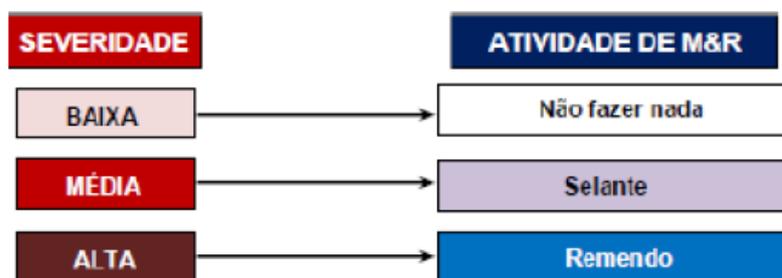
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 20 — Árvore de decisão para trincas laterais



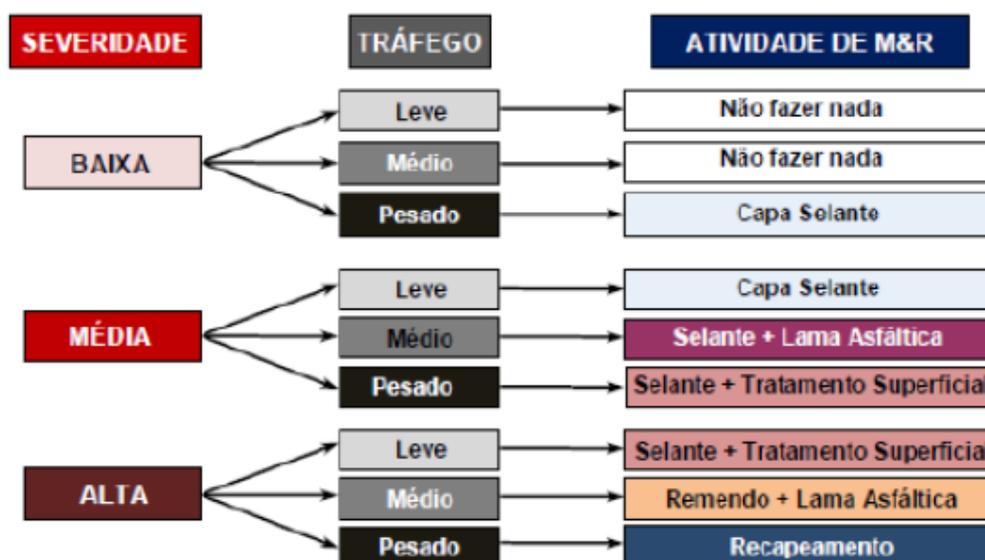
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 21 — Árvore de decisão para trincas longitudinais



Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 22 — Árvore de decisão para trincas por reflexão



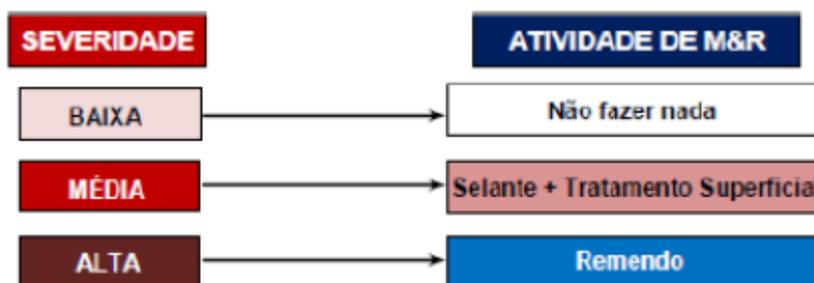
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 23 — Árvore de decisão para trincas transversais



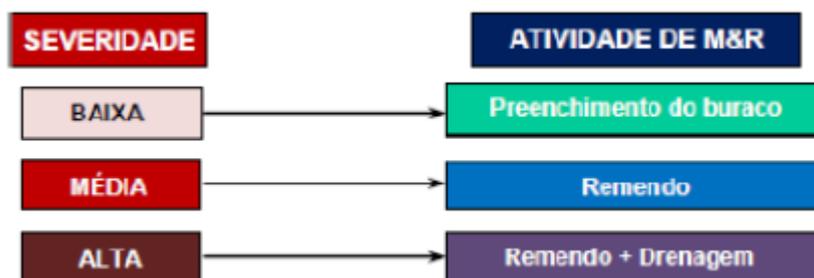
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 24 — Árvore de decisão para remendos



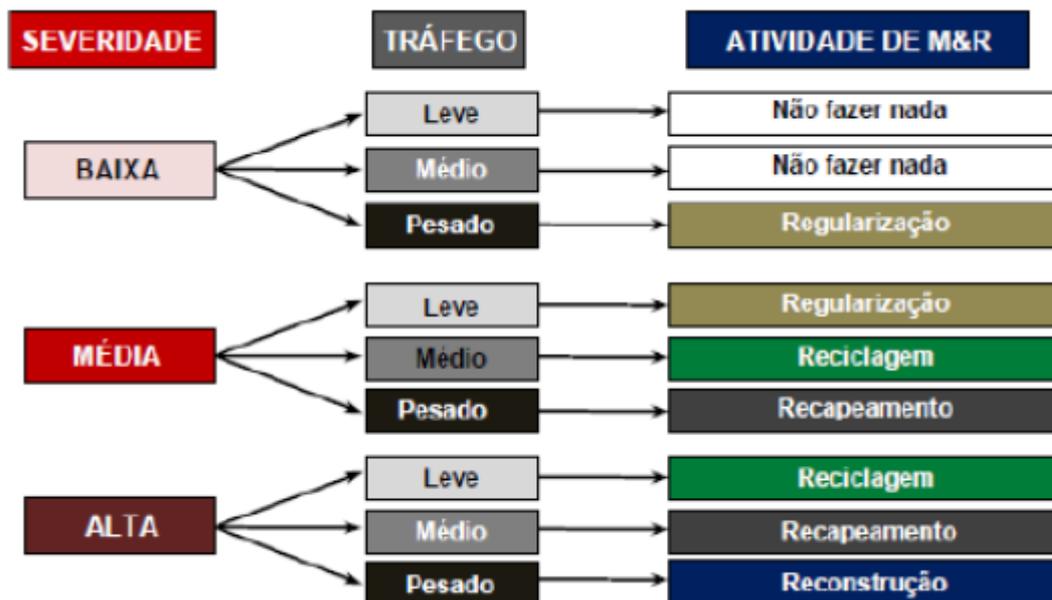
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 25 — Árvore de decisão para panelas



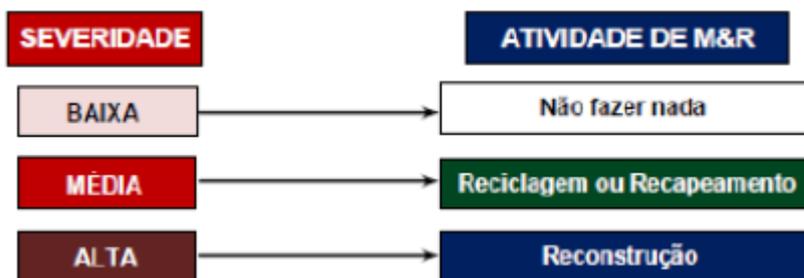
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 26 — Árvore de decisão para deformações permanentes nas trilhas da roda



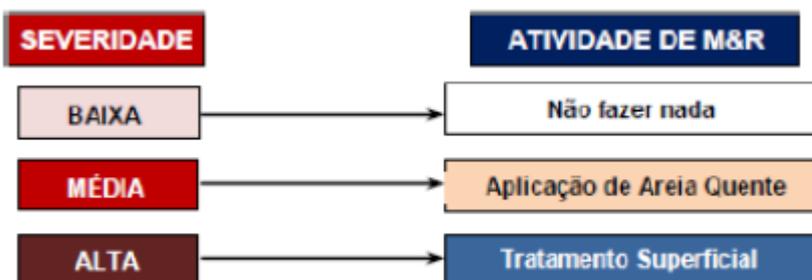
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 27 — Árvore de decisão para corrugação



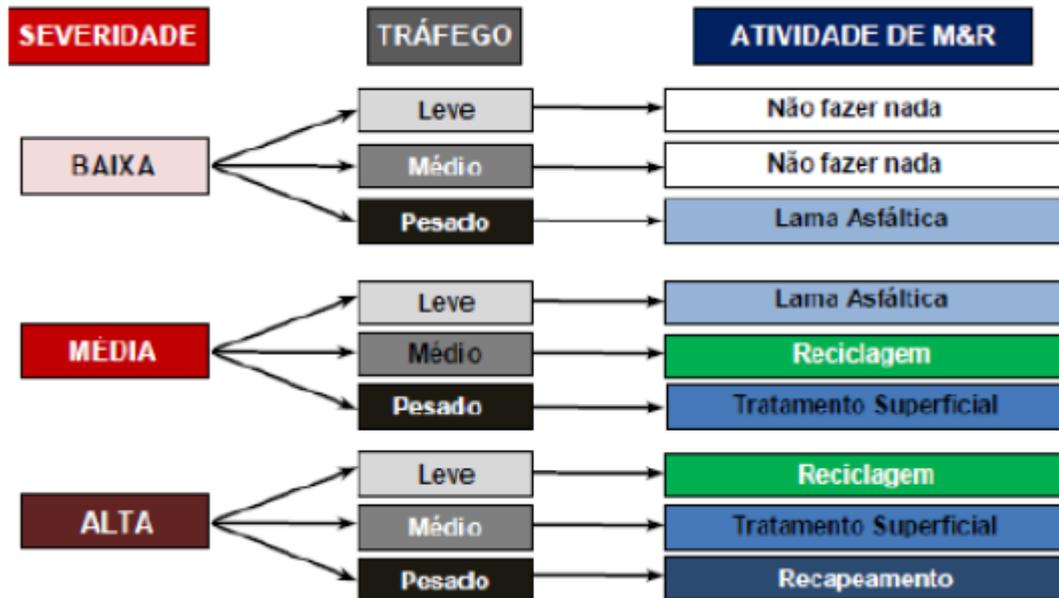
Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 28 — Árvore de decisão para exsudação



Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

Figura 29 — Árvore de decisão para agregados polidos



Fonte: Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999)

- **Desnível entre pista e acostamento:** recomposição do acostamento com material não erodível e boa capacidade de suporte.
- **Bombeamento:** drenagem e capa selante, tratamento superficial ou recapeamento.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados foi executada nas duas ruas definidas para o estudo de forma manual, sendo necessário alguns materiais como fita métrica de 20 m, trena de 10 m, giz branco, papel, caneta para demarcar as áreas inventariadas e fazer as anotações necessárias para as análises.

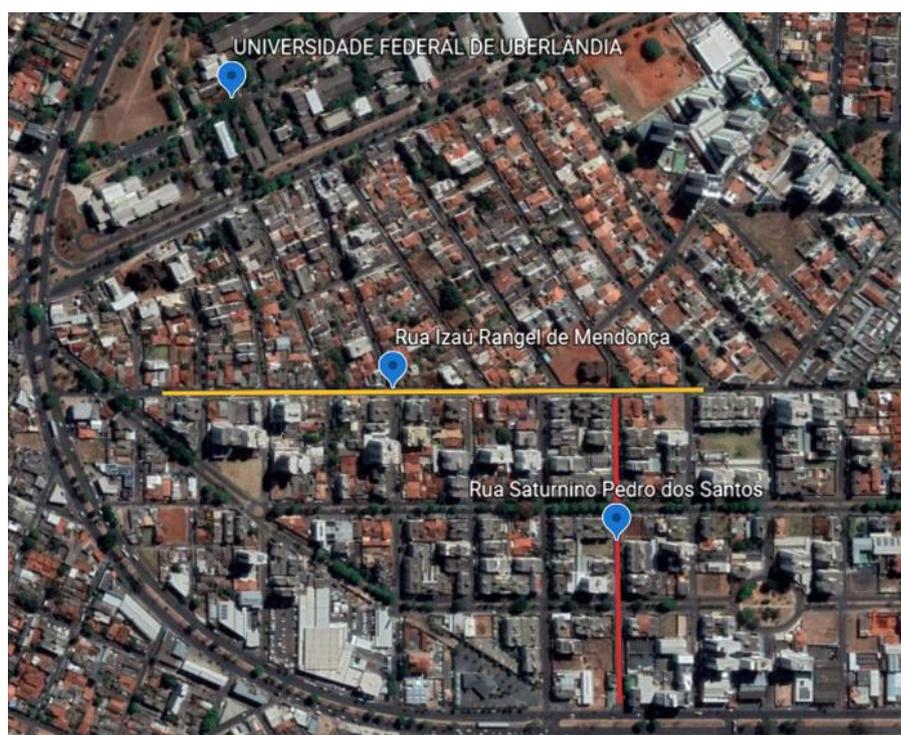
#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Duas ruas foram escolhidas para serem avaliadas, sendo a Rua Izaú Rangel de Mendonça e a Rua Saturnino Pedro dos Santos, ambas localizadas no bairro Jardim Finotti, em Uberlândia, Minas Gerais, conforme apresentado na Figura 30.

A primeira rua, é uma via de mão dupla com uma faixa de rolamento de 2,80 m de largura e 2,00 m para estacionamento. A rua faz a ligação entre a Avenida João Naves de Ávila e a Avenida Lázara Alves Ferreira. O trecho selecionado para análise foi de aproximadamente 600 m de comprimento, entre a Rua Maria Esperança e a Rua e a Rua Manoel Camargos da Cruz. A Rua Izaú Rangel de Mendonça possui velocidade máxima de 50 km/h e presença de linha de transporte coletivo público.

Já a Rua Saturnino Pedro dos Santos é também uma via de mão dupla com faixa de rolamento de 3,00 m largura e 2,00 m para estacionamento. A rua faz a ligação entre a Rua Tomaz Falbo e a Avenida João Naves de Ávila. O trecho selecionado para análise foi de aproximadamente 350 m de comprimento, entre a Rua Izaú Rangel de Mendonça e a Avenida João Naves de Ávila. A rua inventariada possui velocidade máxima de 40 km/h.

Figura 30 — Localização e extensão das ruas analisadas



Fonte: Google Earth (2020)

Para a definição da extensão dos trechos analisados, levou-se em consideração segmentos com características semelhantes como largura de faixa de rolamento e de estacionamento, devido ao fato de ambas as ruas possuírem variação nas medidas ao longo da extensão total. Também levou-se em consideração aspectos técnicos como tipo de pavimento, tipo de estrutura, textura.

Portanto, tanto os dados para o método IGG quanto para o método do PCI foram coletados nas mesmas extensões definidas anteriormente.

As Figuras 31 e 32 ilustram as características de ambas as ruas.

Figura 31 — Características Rua Izaú Rangel de Mendonça



Fonte: Google Street View (2020)

Figura 32 — Características Rua Saturnino Pedro dos Santos



Fonte: O autor (2021)

## 4 RESULTADOS

### 4.1 MÉTODO IGG

Para a Rua Izaú Rangel de Mendonça (Rua 1) não foi diagnosticado flechas nas trilhas de roda interna e externa. No entanto, nas estações inventariadas foram encontrados vários tipos de defeitos, sendo o de maior recorrência o desgaste, presente em toda a área de estudo. As mesmas características apresentadas até aqui, são comuns para a Rua Saturnino Pedro dos Santos (Rua 2).

Observou-se certa quantidade de remendos, com ocorrência em 24 estações na Rua 1 e em 6 estações na Rua 2. Já trincas Tipo 1 foram identificadas em diversas estações nas duas ruas analisadas, sendo 22 na Rua 1 e 9 na Rua 2. Além disso, houve presença das trincas Tipo 2, especialmente a "couro de jacaré" sem erosão acentuada nas bordas, em ambas as ruas.

Defeitos como escorregamento, ondulações e panelas foram verificados em 14 estações na Rua Izaú e 1 estação na Rua Saturnino. Por fim, na Rua 1 observou-se a presença de exsudação em 4 estações. No Apêndice A pode-se verificar a planilha do levantamento dos defeitos pelo método IGG.

Desse modo, os valores obtidos de IGG foram diferentes para cada rua analisada. De acordo com o critério do DNIT, a Rua Izaú Rangel de Mendonça apresentou IGG igual a 149,3 sendo classificada como "Ruim". Já a Rua Saturnino Pedro dos Santos apresentou IGG igual 76,0 sendo classificada como "Regular". As Tabelas 8 e 9 apresentam os detalhes dos cálculos para obtenção dos valores finais de IGG.

Tabela 8 — Cálculo do IGG para a Rua Izaú Rangel de Mendonça

Rua Izaú Rangel de Mendonça					
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	Trincas isoladas Fi, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	22	73,33	0,2	14,67
2	(FC - 2) J, TB	2	6,67	0,5	3,33
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP. ATP, ALC, ATC	0	0,00	0,9	0,00
5	O, P, E	14	46,67	1,0	46,67
6	EX	4	13,33	0,5	6,67
7	D	30	100,00	0,3	30,00
8	R	24	80,00	0,6	48,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TER = 0	F = 0	1 A ( 0 ) 1 B ( 0 )	0
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0	FV = 0	2 A ( 0 ) 2 B ( 0 )	0
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 30	IGG		149,3 (RUIM)

Fonte: O autor (2021)

Tabela 9 — Cálculo do IGG para a Rua Saturnino Pedro dos Santos

Rua Saturnino Pedro dos Santos					
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	Trincas isoladas Fi, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	9	60,00	0,2	12,00
2	(FC - 2) J, TB	1	6,67	0,5	3,33
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP. ATP, ALC, ATC	0	0,00	0,9	0,00
5	O, P, E	1	6,67	1,0	6,67
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	15	100,00	0,3	30,00
8	R	6	40,00	0,6	24,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TER = 0	F = 0	1 A ( 0 ) 1 B ( 0 )	0
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0	FV = 0	2 A ( 0 ) 2 B ( 0 )	0
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 15	IGG		76 (REGULAR)

Fonte: O autor (2021)

## 4.2 MÉTODO PCI

Para coleta de dados do método PCI foram escolhidas seções aleatórias de 225m<sup>2</sup> nos trechos, sendo 6 seções na Rua Izaú e 3 seções na Rua Saturnino. Desse modo, como a área das seções é fixa, ruas com larguras maiores resultam em áreas com comprimento menor, dando origem a um maior número de seções. Como foi selecionado poucas seções, de forma aleatória, defeitos relevantes presentes no pavimento não são levados em consideração no cálculo.

Na Rua Izaú Rangel de Mendonça destacou-se a presença de remendos, panelas e desgaste em todas as seções inventariadas, com variação de severidade entre baixa e média, não sendo encontrada severidade alta. Além desses defeitos, também foi possível perceber a presença de escorregamento de massa e fissuras tanto longitudinais quanto transversais, em sua maioria de severidade baixa, mas alguns pontos de severidade média. Fez-se presente, mas em menor frequência, a trinca tipo "couro de jacaré" e a elevação, também em baixa e média severidade.

No Apêndice C pode-se encontrar a memória de cálculo do PCI para cada seção. Das 6 seções analisadas, 3 apresentaram a classificação do pavimento asfáltico como "Bom", 2 apresentaram a classificação "Regular" e 1 apresentou a classificação "Muito Bom", com valores de PCI variando entre 43 e 71.

Já na Rua Saturnino Pedro dos Santos sobressaiu-se remendos e fissuras longitudinais e transversais, apresentando severidade baixa. Também pôde-se observar a existência de defeitos como trinca tipo "couro de jacaré", exsudação, panelas e desgaste, todos em baixa severidade.

Apesar de as 3 seções da Rua Saturnino possuir diferentes valores de PCI, todas obtiveram a mesma classificação do pavimento asfáltico como "Muito Bom", com o PCI variando entre 79 a 84.

Na Tabela 10 pode-se observar os valores de PCI encontrado e as classificações atribuída à cada seção inventariada de ambas as ruas. Além disso, para encontrar a classificação geral do pavimento de cada rua, obteve-se a média dos valores de PCI das seções existentes nas ruas, resultando na classificação de "Bom" para a Rua Izaú e "Muito Bom" para a Rua Saturnino.

Tabela 10 — Classificação atribuída ao pavimento pelo método PCI.

Rua Izaú Rangel de Mendonça						
Seção	1	2	3	4	5	6
PCI	56	71	43	62	52	65
Classificação	Bom	Muito Bom	Regular	Bom	Regular	Bom
PCI Rua	59 (Bom)					

Rua Saturnino Pedro dos Santos			
Seção	1	2	3
PCI	79	84	82
Classificação	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom
PCI Rua	52 (Muito Bom)		

Fonte: O autor (2021)

### 4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS

Analisando os resultados encontrados percebeu-se haver diferença nas classificações do pavimento asfáltico de ambas as ruas quando comparados as conclusões obtidas pelo método IGG e pelo método PCI. Conforme apresentado na Figura 33, para a Rua Izaú Rangel de Mendonça obteve-se a classificação "Ruim" pelo método IGG e "Bom" pelo método PCI. Já para a Rua Saturnino Pedro dos Santos encontrou-se a classificação "Regular" pelo método IGG e "Muito Bom" pelo método PCI.

Essa diferença no resultado pode ser explicada pela forma como é coletado os dados nos diferentes métodos. Sendo que o método IGG leva em consideração o tipo do defeito e a frequência com que ele aparece, já no método PCI leva-se em consideração o grau de severidade dos defeitos e a área de abrangência dos mesmos.

A partir de um olhar crítico e levando em consideração segurança e conforto dos usuários, concluiu-se que o método IGG apresentou melhor as reais condições do pavimento das ruas. Apesar de possuir menos informações e detalhes quando comparado ao método PCI, o método IGG pôde retratar melhor a classificação do pavimento.

Figura 33 — Resultados obtidos para classificação do pavimento das ruas analisadas

Rua	Classificação do pavimento	
	Método IGG	Método PCI
R. Izaú	Ruim	Bom
R. Saturnino	Regular	Muito Bom

Fonte: O autor (2021)

#### 4.4 COMPARAÇÃO ENTRE AS VIAS ANALISADAS

Apesar de possuir diferença na classificação do pavimento das vias quando comparamos os dois métodos, está claro que a Rua Izaú Rangel de Mendonça possui um pavimento mais deteriorado do que o pavimento da Rua Saturnino Pedro dos Santos. Tal fato pode ser explicado pela diferença do volume de tráfego das vias. A Rua Izaú possui limite de velocidade de 50 km/h, tráfego médio, além de possuir linha de transporte coletivo público. Já a Rua Saturnino, possui limite de velocidade de 40 km/h e tráfego leve.

Desse modo, conclui-se que o maior volume de tráfego e a presença de veículos pesados contribuem para a existência de maior quantidade de defeitos nas ruas. A Rua Izaú oferece menos conforto ao usuário do que a Rua Saturnino.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Após as análises de duas ruas localizadas próximas uma da outra, no entanto com características diferentes de tráfego e relevo, percebe-se que a deterioração do pavimento é diferente para ambas as vias. É fato que os defeitos encontrados são parecidos, com alta recorrência de desgaste, remendos e trincas para as duas ruas e nos dois métodos utilizados para as análises. Entretanto, a frequência, a severidade e a área de abrangência dos defeitos são distintas, resultando na diferença de classificação do pavimento dos trechos analisados.

Em relação aos métodos aplicados para a avaliação do pavimento, pode-se citar algumas conclusões obtidas ao longo do estudo. Ambos os métodos são objetivos, no entanto, manuais, o que pode apresentar erros principalmente no momento de inventariar os trechos de estudo. Além disso, os dois métodos estão propensos a não listar defeitos importantes, devido ao espaçamento constante do IGG ou a escolha aleatória de seções do PCI.

Sugere-se que o método IGG seja aplicado quando se necessita de um diagnóstico mais imediato e em grandes extensões. Tal fato pode ser explicado pela maior facilidade de aplicar e avaliar o método, quando comparado ao método PCI. Porém, é importante ressaltar que o método IGG não fornece informações detalhadas dos defeitos como extensão, grau de severidade e quantidade.

Já o método PCI é mais indicado sua aplicação na avaliação de pequenos trechos, por oferecer um diagnóstico de maior precisão da seção analisada. Isso acontece pois o método leva em consideração a quantidade, extensão e severidade dos defeitos encontrados. Diante disso, é possível afirmar que há um maior grau de dificuldade na aplicação, principalmente no instante de diagnosticar a exata severidade dos defeitos. O método PCI poderia ser mais eficiente, em questão de refletir a realidade do pavimento, se fosse possível aumentar a quantidade de seções analisadas.

Portanto, apesar de ambos métodos demandarem muito tempo e mão-de-obra para a coleta de dados, recomenda-se a avaliação com frequência, utilizando instrumentos automatizados, para que uma base de dados de um Sistema de Gerência de Pavimentos pudesse ser alimentada frequentemente. Com essas

informações das vias, seria possível realizar a manutenção e recuperação das vias de uma forma mais eficiente e precisa.

## REFERÊNCIAS

APS, Marcia; BALBO, José Tadeu; SEVERI, Andréa Arantes. AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EM VIAS URBANAS UTILIZANDO O MÉTODO DO PCI. *In*: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, n. 31<sup>a</sup>. 1998, São Paulo - SP.

BERNUCCI , Liedi Bariani *et al.* **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**: Formação Básica para Engenheiros. 3<sup>a</sup> Reimpressão ed. Rio de Janeiro, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **O TRANSPORTE MOVE O BRASIL**: RESUMO DAS PROPOSTAS DA CNT AO PAÍS. BRASÍLIA, 2019.

DNIT 005/2003. Diretoria de Planejamento e Pesquisa/IPR. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia, 6 ago. 2003.

DNIT 006/2003-PRO. Diretoria de Planejamento e Pesquisa/IPR. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento, 6 ago. 2003.

DNIT. **MANUAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA**: Publicação IPR - 710. 2 ed. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 2005.

DNIT. **MANUAL DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS**: IPR 745. Rio de Janeiro, 2011.

DNIT. **MANUAL DE IMPLANTAÇÃO BÁSICA DE RODOVIA**: PUBLICAÇÃO IPR - 742. 3 ed. RIO DE JANEIRO: Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, 2010.

DNIT. **MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO**: Publicação IPR - 719. 3 ed. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, 2006.

DNIT. **RELATÓRIO DOS LEVANTAMENTOS FUNCIONAIS DAS RODOVIAS FEDERAIS**: SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS (SGP). PARAÍBA, 2013.

FERNANDES JÚNIOR, José Leomar ; ODA, Sandra; ZERBINI, Luiz Francisco. **DEFEITOS E ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. São Carlos, 1999.

GUERINI, Júlia Furtado. **PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS PARA A ILHA DO FUNDÃO**. Rio de Janeiro, 2017 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

JOVER, Guillermo Rodríguez. **SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS COM ÊNFASE NA MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO PARA A ILHA DE FUNDÃO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**. 2017 Monografia (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LEANDRO, Rodrigo Pires. **Manutenção e Reabilitação de Pavimentos Asfáltico - Aulas**. 2019. Disponível em: . Acesso em: 26 out. 2021.

MACHADO, Denise Maria Camargo. **AVALIAÇÃO DE NORMAS DE IDENTIFICAÇÃO DE DEFEITOS PARA FINS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS** Dissertação - Universidade de São Paulo, 2013.

MARTINS, Lídia Diniz. **Levantamento da utilização de sistemas de gerência de pavimentos no Brasil e estudo de caso**. Rio de Janeiro, 2015 Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Ministério da Infraestrutura. **Transportes no Brasil - Síntese Histórica**. Disponível em: <http://canaldoservidor.infraestrutura.gov.br/conteudo/136-transportes-no-brasil-sintese-historica.html>. Acesso em: 14 out. 2020.

NAKAHARA, Suyen Matsumura . **Estudo do Desempenho de Reforços de Pavimentos Asfálticos em Via Urbana sujeita a Tráfego Comercial Pesado**. São Paulo, 2005 Tese (Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo.

NETO, Paulo Vitor Anastácio. **AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE UM TRECHO DA RUA FRANCISCO VICENTE FERREIRA PELOS MÉTODOS DO IGG E DO PCI** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2019.

SCARANTO, Marcelo. **Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**. Passo Fundo, 2007 Dissertação - Universidade de Passo Fundo.



## ANEXO B — Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:	Folha:
TRECHO:						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
SUB-TRECHO:			REVESTIMENTO TIPO:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC – 2) J, TB				0,5		
3	(FC – 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9		
5	O, P, E				1,0		
6	EX				0,5		
7	D				0,3		
8	R				0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A ( ) 1 B ( )		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRiv =	FV =	2 A ( ) 2 B ( )		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	$\Sigma$ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$						Operador	
2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$						Cálculo	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$						Visto	
2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$							

Fonte: DNIT (2003)

## ANEXO C — Planilha de inspeção de campo pelo método do PCI

Via:	Seção:
Data:	Amostra nº:
Avaliador:	Área da amostra:

Tipos de Defeitos			
1 Couro de Jacaré	área	11 Remendos	área
2 Exsudação	área	12 Agregado polido	área
3 Fissuras em blocos	área	13 Panelas	unidade
4 Elevações recalques	metro linear	14 Cruzamento ferroviário	área
5 Corrugação	área	15 Afundamento de trilha de roda	área
6 Afundamento Localizado	área	16 Escorregamento de massa	área
7 Fissuras de borda	metro linear	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	área
8 Fissuras por reflexão de juntas	metro linear	18 Inchamento	área
9 Desnível de pavimento/Acostamento	metro linear	19 Desgaste	área
10 Fissuras longitudinal e transversal	metro linear		

## PANELAS

PROF	Diâmetro Médio (cm)		
	10 a 20	20 a 45	45 a 76
1,2 a 2,5	B	B	M
>2,5 a 5,0	B	M	A
> 5,0	M	M	A

Fonte: Berbel (2016)

## ANEXO D — Planilha de cálculo do valor do PCI

Via:	Seção:
Data:	Amostra nº:
Avaliador:	Área da amostra:

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Painelas	
4 Elevações ou recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de massa	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido	
8 Fissuras por reflexão de juntas	escorregamento de massa	
9 Desnível de pavimento / acostamento	18 Inchamento	
10 Fissuras longitudinal e transversal	19 Desgaste	

Tipos de Defeitos Existentes									
sev	B								
* rda	M								
de	A								

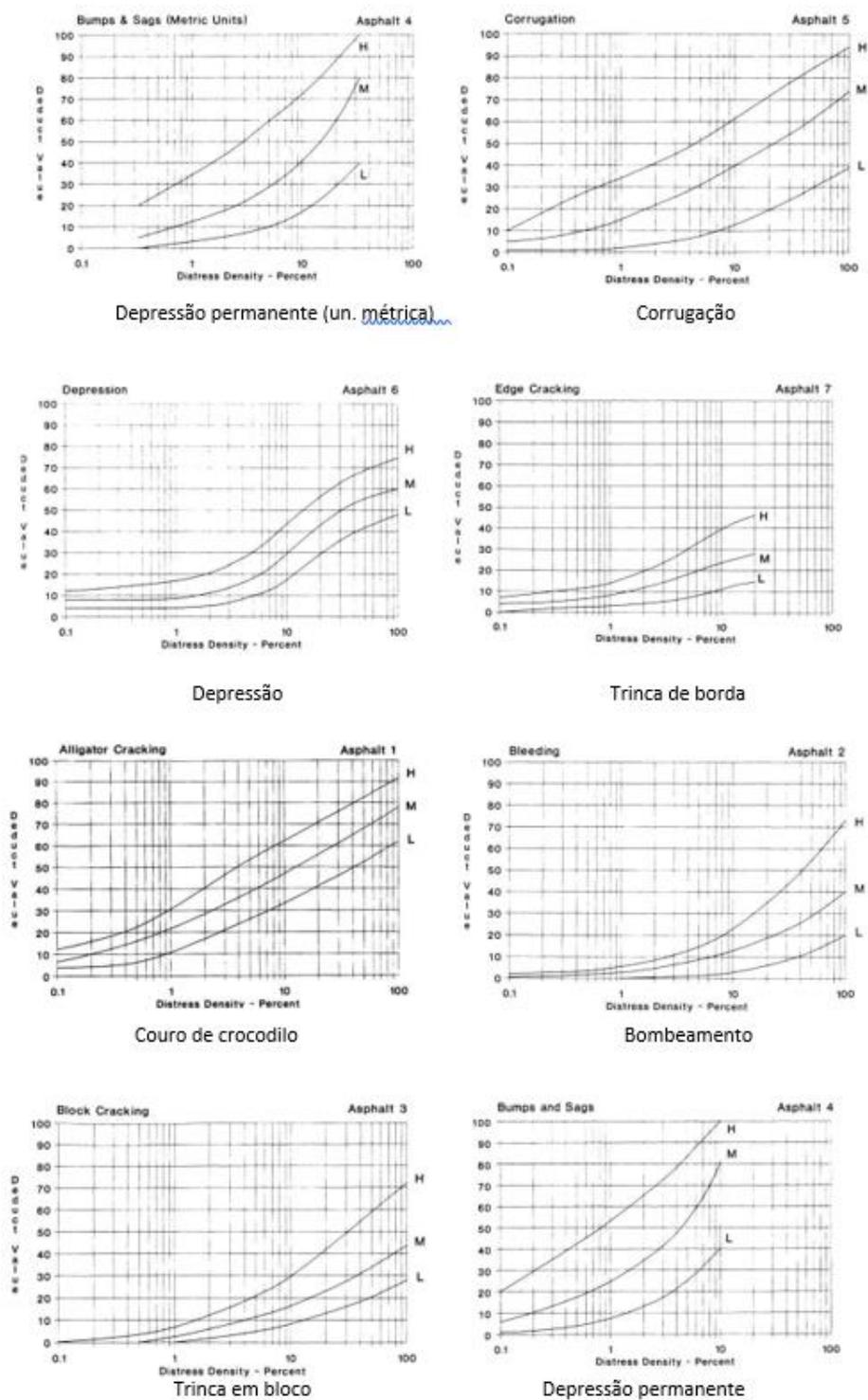
Cálculo do PCI			
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução
Total de Dedução (TDV)			
Valor de Dedução Corrigido (CDV)			

PCI = 100 - CDV

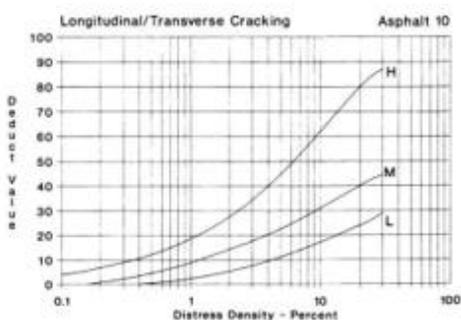
Condições do pavimento:

Fonte: Berbel (2016)

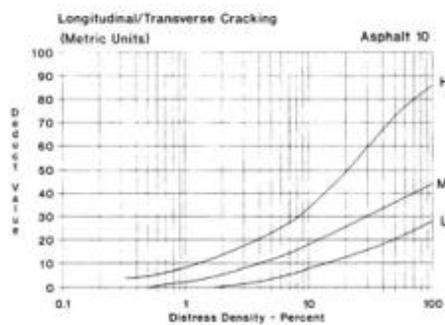
## ANEXO E — Curvas para obtenção dos valores de dedução e do valor de dedução corrigido



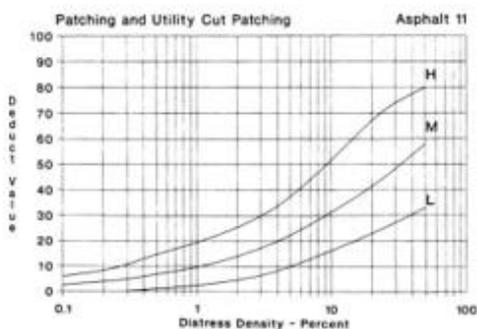
Fonte: Berbel (2016)



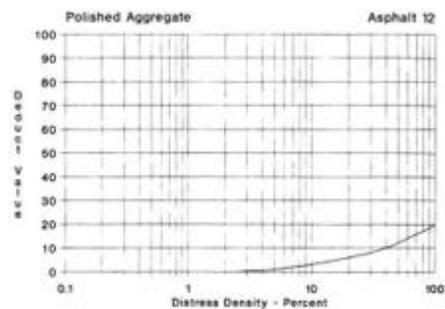
Trinca longitudinal/transversal



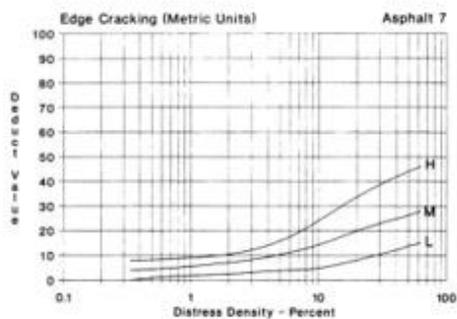
Trinca longitudinal/transversal (un. métrica)



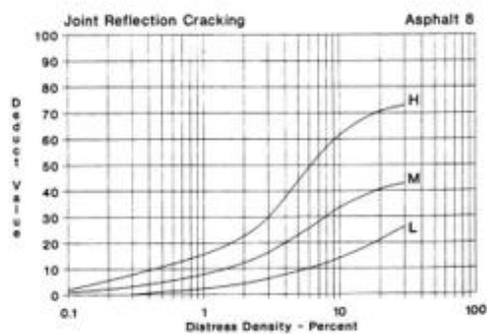
Remendo



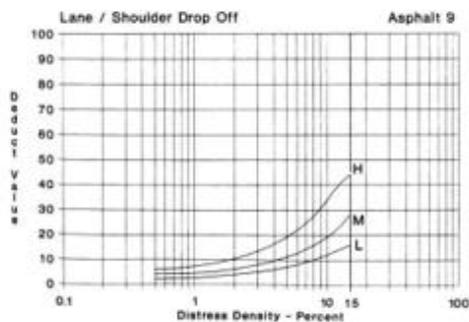
Agregado polido



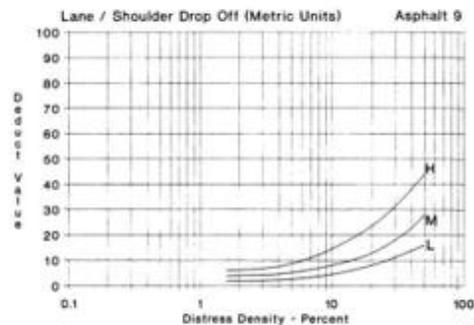
Trinca de borda (un. métrica)



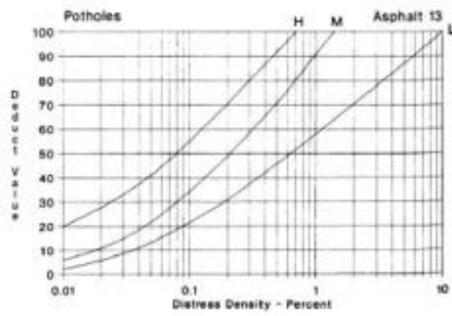
Trinca por reflexão



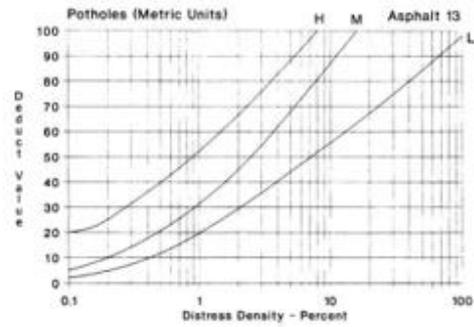
Desnível



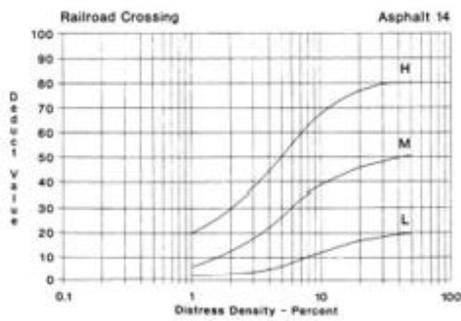
Desnível (un. métrica)



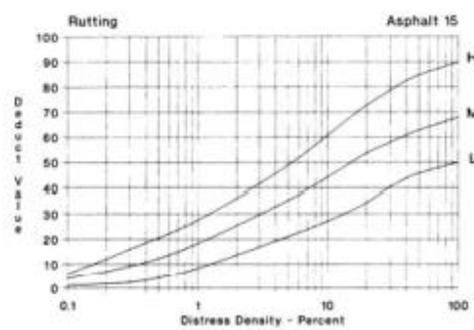
Panelas



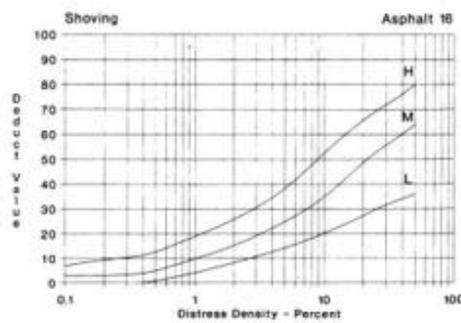
Panelas (un. métrica)



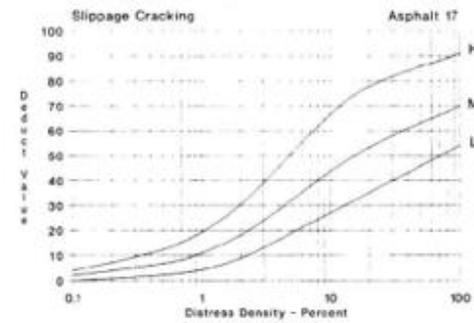
Cruzamento ferroviário



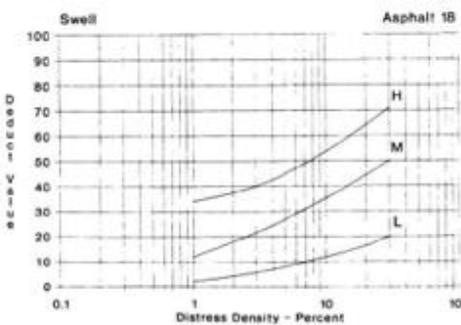
Sulco



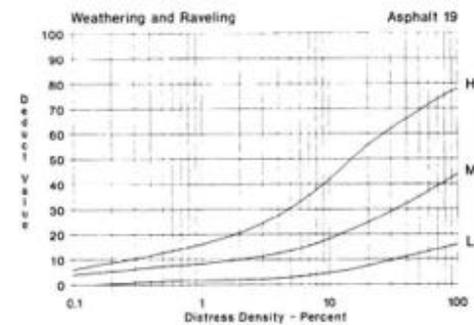
Escorregamento de massa



Fissura devido a escorregamento de massa

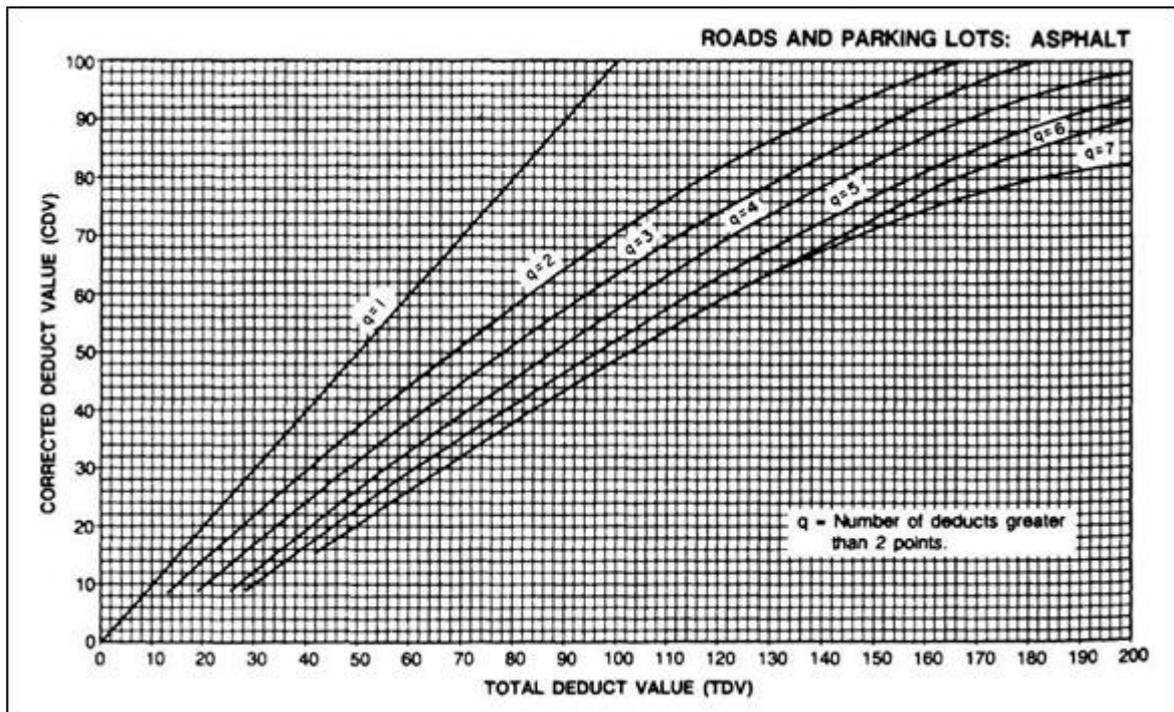


Inchamento



Desgaste

Fonte: Berbel (2016)



Fonte: Berbel (2016)



## APÊNDICE B — Planilha de cálculo do IGG para cada via

Rodovia:		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)				Data:	Folha:
TRECHO:		FREQUÊNCIA ABSOLUTA		FREQUÊNCIA RELATIVA		Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
SUB-TRECHO:		FREQUÊNCIA ABSOLUTA CONSIDERADA		FATOR DE PONDERAÇÃO			
REVESTIMENTO TIPO:							
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas Fi, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	22		73,33	0,2	14,67	
2	(FC - 2) J, TB	2		6,67	0,5	3,33	
3	(FC - 3) JE, TBE	0		0,00	0,8	0,00	
4	ALP. ATP, ALC, ATC	0		0,00	0,9	0,00	
5	O, P, E	14		46,67	1,0	46,67	
6	EX	4		13,33	0,5	6,67	
7	D	30		100,00	0,3	30,00	
8	R	24		80,00	0,6	48,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TER = 0	TRI = 0	F = 0	1 A ( 0 ) 1 B ( 0 )	0	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0	TRIV = 0	FV = 0	2 A ( 0 ) 2 B ( 0 )	0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 30	$\sum IND.GRAVID.IND. = IGG$			149,33	RUIM
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30				2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Operador	
1B) IGI = 40 quando F > 30				2B) IGI = 50 quando FV > 50		Cálculo	
						Visto	

Rodovia: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:	Folha:
TRECHO:						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
SUB-TRECHO:			REVESTIMENTO TIPO:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas Fi, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	9		60,00	0,2	12,00	
2	(FC - 2) J, TB	1		6,67	0,5	3,33	
3	(FC - 3) JE, TBE	0		0,00	0,8	0,00	
4	ALP. ATP, ALC, ATC	0		0,00	0,9	0,00	
5	O, P, E	1		6,67	1,0	6,67	
6	EX	0		0,00	0,5	0,00	
7	D	15		100,00	0,3	30,00	
8	R	6		40,00	0,6	24,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TER = 0	TRI = 0	F = 0	1 A ( 0 ) 1 B ( 0 )	0	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0	TRiv = 0	FV = 0	2 A ( 0 ) 2 B ( 0 )	0	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 15	$\sum IND.GRAVID.IND. = IGG$			76,00	REGULAR
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 1B) IGI = 40 quando F > 30						Operador	
						Cálculo	
						Visto	
2A) IGI = FV quando FV ≤ 50 2B) IGI = 50 quando FV > 50							

## APÊNDICE C — Planilha de cálculo do PCI para cada seção

Via: Rua Izaú Rangel de Mendonça	Seção: 1
Data: 03/11/2020	Amostra nº: 1
Avaliador: Cauê Martins Borges	Área da amostra: 225m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Painelas	
4 Elevações recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de trilha de roda	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	
8 Fissuras por reflexão de juntas	18 Inchamento	
9 Desnível de pavimento/Acostamento	19 Desgaste	
10 Fissuras longitudinal e transversal		

Tipos de Defeitos Existentes									
		11	13	19					
		9,31 B	0,01 B	225 B					
		8,33 B	0,08 B						
		3,19 B							
		13,47 B							
		10 M							
sev	B	34,3	0,09	225					
erid	M	10							
ade	A								

Cálculo do PCI				PCI = 100 - CDV PCI = 100 - 44 PCI = 56  Condições do pavimento:  <b>Bom</b>
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
11	15,2	B	20	
11	4,4	M	21	
13	0,04	B	11	
19	100	B	18	
Total de Dedução (TDV)			70	
Valor de Dedução Corrigido (CDV)			44	

Via: Rua Izaú Rangel de Mendonça	Seção: 2
Data: 03/11/2020	Amostra nº: 2
Avaliador: Cauê Martins Borges	Área da amostra: 225m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Panelas	
4 Elevações recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de trilha de roda	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	
8 Fissuras por reflexão de juntas	18 Inchamento	
9 Desnível de pavimento/Acostamento	19 Desgaste	
10 Fissuras longitudinal e transversal		

Tipos de Defeitos Existentes									
		19	16	11	13	1			
		225 B	5,04 B	2,21 B	0,02 B	1,76 B			
			0,41 M	1,60 B	0,05 B				
				0,68 B	0,07 B				
sev	B	225	5,04	4,49	0,14	1,76			
erid	M		0,41						
ade	A								

Cálculo do PCI				PCI = 100 - CDV PCI = 100 - 29 PCI = 71  Condições do pavimento:  <b>Muito Bom</b>
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
19	100	B	18	
16	2,2	B	9	
16	0,2	M	3	
11	1,9	B	5	
13	0,06	B	16	
1	0,8	B	9,8	
Total de Dedução (TDV)			60,8	
Valor de Dedução Corrigido (CDV)			29	

Via: Rua Izaú Rangel de Mendonça	Seção: 3
Data: 03/11/2020	Amostra nº: 3
Avaliador: Cauê Martins Borges	Área da amostra: 225m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Painelas	
4 Elevações recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de trilha de roda	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	
8 Fissuras por reflexão de juntas	18 Inchamento	
9 Desnível de pavimento/Acostamento	19 Desgaste	
10 Fissuras longitudinal e transversal		

Tipos de Defeitos Existentes									
		10	11	16	13	19			
		6,20 B	13,72 M	0,6 B	0,02 M	225 M			
		1,70 B	1,40 B						
		0,25 B	3,99 B						
		2,40 B	2,23 M						
		1,10 B	13,23 B						
		2,65 B							
		0,62 B							
sev	B	14,92	18,62	0,6					
erid	M		15,95		0,02	225			
ade	A								

Cálculo do PCI				PCI = 100 - CDV PCI = 100 - 57 PCI = 43  Condições do pavimento:  Regular
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
10	6,6	B	14	
11	8,3	B	17	
11	7,1	M	28	
16	0,3	B	0	
13	0,01	M	7	
19	100	M	43	
Total de Dedução (TDV)			109	
Valor de Dedução Corrigido (CDV)			57	



Via: Rua Izaú Rangel de Mendonça	Seção: 5
Data: 03/11/2020	Amostra nº: 5
Avaliador: Cauê Martins Borges	Área da amostra: 225m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Panelas	
4 Elevações recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de trilha de roda	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	
8 Fissuras por reflexão de juntas	18 Inchamento	
9 Desnível de pavimento/Acostamento	19 Desgaste	
10 Fissuras longitudinal e transversal		

Tipos de Defeitos Existentes									
		10	13	11	1	19			
		1,30 B	0,07 B	4,31 B	0,42 B	225 B			
		1,76 B	0,09 M	1,66 B					
		0,70 B	0,06 M	2,45 B					
		2,37 B		2,80 B					
		0,92 B		4,75 B					
		1,04 M		1,61 M					
		2 B							
severidade	B	9,05	0,16	15,97	0,42	225			
	M	1,04	0,06	1,61					
	A								

Cálculo do PCI				PCI = 100 - CDV PCI = 100 - 48 PCI = 52  Condições do pavimento:  Regular
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	
10	4	B	10	
10	0,4	M	3	
13	0,07	B	18	
13	0,03	M	15	
11	7,1	B	16	
11	0,7	M	8	
1	0,2	B	4	
19	100	B	18	
Total de Dedução (TDV)			92	
Valor de Dedução Corrigido (CDV)			48	

Via: Rua Izaú Rangel de Mendonça	Seção: 6
Data: 03/11/2020	Amostra nº: 6
Avaliador: Cauê Martins Borges	Área da amostra: 225m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Painelas	
4 Elevações recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de trilha de roda	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	
8 Fissuras por reflexão de juntas	18 Inchamento	
9 Desnível de pavimento/Acostamento	19 Desgaste	
10 Fissuras longitudinal e transversal		

Tipos de Defeitos Existentes									
		11	10	13	19	16			
		37,35 B	1,35 B	0,04 B	225 B	5,51 B			
			1,17 B						
			2,76 B						
			1,72 B						
			0,95 B						
			2,64 B						
			1,13 B						
			1,52 B						
			1,28 B						
			3,22 B						
sev	B	37,35	17,74	0,04	225	5,51			
erid	M								
ade	A								

16,6 7,884444 0,017778 100 2,448889

Cálculo do PCI			
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução
11	16,6	B	20
10	7,9	B	16
13	0,02	B	7
19	100	B	18
16	2,4	B	9
Total de Dedução (TDV)			70
Valor de Dedução Corrigido (CDV)			35

PCI = 100 - CDV  
 PCI = 100 - 35  
 PCI = 65

Condições do pavimento:  
  
Bom

Via: Rua Saturnino Pedro dos Santos	Seção: 1
Data: 10/11/2020	Amostra nº: 1
Avaliador: Cauê Martins Borges	Área da amostra: 225m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Panelas	
4 Elevações recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de trilha de roda	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	
8 Fissuras por reflexão de juntas	18 Inchamento	
9 Desnível de pavimento/Acostamento	19 Desgaste	
10 Fissuras longitudinal e transversal		

Tipos de Defeitos Existentes									
		11	2	19					
		2,61 B	1,89 B	225 B					
		1,89 B							
		2,09 B							
		1,25 B							
		3,30 B							
		1,88 B							
		1,80 B							
		3 B							
		6,04 B							
		2,34 B							
sev	B	26,2	1,89	225					
erid	M								
ade	A								

Cálculo do PCI				
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	PCI = 100 - CDV PCI = 100 - 56 PCI = 79
11	11,6	B	18	
2	0,84	B	0,1	
19	100	B	18	
				Condições do pavimento:  <b>Muito Bom</b>
Total de Dedução (TDV)			36,1	
Valor de Dedução Corrigido (CDV)			21	

Via: Rua Saturnino Pedro dos Santos	Seção: 2
Data: 10/11/2020	Amostra nº: 2
Avaliador: Cauê Martins Borges	Área da amostra: 225m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Painelas	
4 Elevações recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de trilha de roda	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	
8 Fissuras por reflexão de juntas	18 Inchamento	
9 Desnível de pavimento/Acostamento	19 Desgaste	
10 Fissuras longitudinal e transversal		

Tipos de Defeitos Existentes									
		13	11	10					
		0,03 B	0,92 B	1,05 B					
		0,09 B	10,7 B						
			2,69 B						
sev	B	0,12	14,31	1,05					
erid	M								
ade	A								

Cálculo do PCI				
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	PCI = 100 - CDV PCI = 100 - 16 PCI = 84
13	0,05	B	13	
11	6,4	B	12	
10	0,47	B	4	Condições do pavimento:  <b>Muito Bom</b>
Total de Dedução (TDV)			29	
Valor de Dedução Corrigido (CDV)			16	

Via: Rua Saturnino Pedro dos Santos	Seção: 3
Data: 10/11/2020	Amostra nº: 3
Avaliador: Cauê Martins Borges	Área da amostra: 225m <sup>2</sup>

Tipos de Defeitos		
1 Couro de Jacaré	11 Remendos	Esboço:
2 Exsudação	12 Agregado polido	
3 Fissuras em blocos	13 Painelas	
4 Elevações recalques	14 Cruzamento ferroviário	
5 Corrugação	15 Afundamento de trilha de roda	
6 Afundamento Localizado	16 Escorregamento de trilha de roda	
7 Fissuras de borda	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	
8 Fissuras por reflexão de juntas	18 Inchamento	
9 Desnível de pavimento/Acostamento	19 Desgaste	
10 Fissuras longitudinal e transversal		

Tipos de Defeitos Existentes									
		10	11	1					
		0,66 B	6,2 B	1,5 B					
		1 B	8,5 B						
		2,90 B							
		0,77 B							
		8,60 B							
sev	B	13,93	14,7	1,5					
erid	M								
ade	A								

Cálculo do PCI				
Tipo do defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução	PCI = 100 - CDV PCI = 100 - 18 PCI = 82
10	6,2	B	12	
11	6,5	B	12	
1	0,7	B	9	
				Condições do pavimento:  <b>Muito Bom</b>
<b>Total de Dedução (TDV)</b>			33	
<b>Valor de Dedução Corrigido (CDV)</b>			18	