



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**VICTOR PINHEIRO SANTOS**

**AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS URBANOS POR MEIO DO ÍNDICE DE  
GRAVIDADE GLOBAL E DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO PARA O  
MUNICÍPIO DE CAUCAIA – CE.**

**FORTALEZA**

**2022**

VICTOR PINHEIRO SANTOS

AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS URBANOS POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL E DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO PARA O MUNICÍPIO DE CAUCAIA – CE.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Lucas Cavalcante de Almeida.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Centro Universitário Christus - Unichristus  
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do  
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237a Santos, Victor Pinheiro.

Avaliação de pavimentos urbanos por meio do índice de gravidade global e do índice de condição do pavimento para o município de Caucaia - CE. / Victor Pinheiro Santos. - 2022.  
77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Me. Lucas Cavalcante de Almeida.

1. Índice de gravidade global. 2. Índice de condição do pavimento. 3. Patologias. I. Título.

CDD 624

VICTOR PINHEIRO SANTOS

AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS URBANOS POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL E DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO PARA O MUNICÍPIO DE CAUCAIA – CE.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Lucas Cavalcante de Almeida.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Lucas Cavalcante de Almeida  
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

---

Prof. Me. Fernando Dácio de Almeida  
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

---

Prof. Me. Fernando Feitosa Monteiro  
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

## RESUMO

A importância de se locomover está diretamente ligada a necessidade de um sistema viário de transporte urbano de qualidade. Entretanto, constata-se que muitas vezes essa demanda não é suprida, isso devido à falta ou a falha de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), ou mesmo devido ao mau dimensionamento e execução do pavimento asfáltico. Para tal finalidade é necessário que seja feitas inspeções por meio de instrumentos e métodos de avaliação com o objetivo de classificar o estado de condição do pavimento. Nesse contexto, o presente trabalho analisa a avaliação do estado de condição do pavimento de trechos de cinco ruas do estado de Caucaia, Ceará, por meio de dois métodos de avaliação do pavimento, o Índice de Gravidade Global (IGG) e o Índice de Condição do Pavimento (ICP), no qual se pretende realizar um comparativo entre os dois métodos de avaliação para os mesmos trechos e analisar o comportamento da estrutura do pavimento desde a sua requalificação, em que os mesmos trechos foram avaliados por Silva (2021). Os valores de IGG obtidos variaram entre 10,98 a 47,23, onde para a via em pior estado, evidenciando o conceito ótimo, obtido logo após a sua requalificação para regular. Para o método do ICP obteve valores que variaram entre 98 a 71, em que a mesma rua que obteve o menor índice no método IGG, obteve também o menor índice para o ICP em comparação com o restante das vias, obtendo conceito muito bom.

**Palavras-chave:** Índice de Gravidade Global. Índice de condição do Pavimento. Pavimento. Patologias.

## **ABSTRACT**

The importance of getting around is directly linked to the need for a quality urban transport road system. However, it appears that this demand is often not met, due to the lack or failure of a Pavement Management System (SGP), or even due to poor design and execution of the asphalt pavement. For this purpose, it is necessary to carry out inspections through instruments and assessment methods in order to classify the condition state of the pavement. In this context, the present work analyzes the evaluation of the pavement condition state of sections of five streets in the state of Caucaia, Ceará, through two pavement evaluation methods, the Global Severity Index (GGI) and the Condition Index. of Pavement (ICP), in which it is intended to make a comparison between the two evaluation methods for the same sections and analyze the behavior of the pavement structure since its requalification, in which the same sections were evaluated by Silva (2021). The IGG values obtained ranged from 10.98 to 47.23, where for the road in the worst condition, evidencing the optimal concept, obtained soon after its requalification to regular. For the ICP method, it obtained values ranging from 98 to 71, in which the same street that obtained the lowest index in the IGG method also obtained the lowest index for the ICP compared to the rest of the streets, obtaining a very good concept.

Keywords: Global Severity Index. Floor condition index. floor. Pathologies.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Distribuição das camadas do pavimento flexível.....	17
<b>Figura 2</b> - Extração de corpo de prova com sonda rotativa.....	23
<b>Figura 3</b> - Impacto da deflexão nas camadas do pavimento flexível. ....	23
<b>Figura 4</b> - Avaliação subjetiva do <i>AASH Road Test</i> .....	24
<b>Figura 5</b> - Demarcação de áreas para inventário de defeitos .....	28
<b>Figura 6</b> - Fluxograma dos componentes de um SGP em nível de rede e de projeto. .....	30
<b>Figura 7</b> - Etapas na implementação de um SGPU.....	32
<b>Figura 8</b> - Amostra de materiais. ....	33
<b>Figura 9</b> - Detalhe da Análise de Pavimentos Asfálticos.....	40
<b>Figura 10</b> - Determinação do número mínimo de unidades de amostras a serem pesquisadas.....	42
<b>Figura 11</b> - Avenida Dom Almeida Lustosa.....	44
<b>Figura 12</b> - Rua Joaquim Mota .....	44
<b>Figura 13</b> - Avenida Juaci Sampaio Pontes .....	45
<b>Figura 14</b> - Rua Heribaldo Rodrigues.....	45
<b>Figura 15</b> - Rua Cruzeiro Velho.....	46
<b>Figura 16</b> - Fluxograma com os passos a serem seguidos .....	46
<b>Figura 17</b> - Sarjetas deterioradas (Rua Cruzeiro Velho e Av. Juaci Sampaio Pontes) .....	48
<b>Figura 18</b> - Comparativo da Avenida Juaci Sampaio Pontes com a Rua Heribaldo Rodrigues.....	49
<b>Figura 19</b> - Antes x Depois - Remendo realizado pela CAGECE.....	49
<b>Figura 20</b> – Trincas Couro de Jacaré e Tráfego intenso na via.....	50
<b>Figura 21</b> – Principais defeitos encontrados na Rua Heribaldo Rodrigues.....	50
<b>Figura 22</b> – Rua Cruzeiro Velho .....	51
<b>Figura 23</b> – Painelas encontradas no eixo da pista.....	51
<b>Figura 24</b> – Execução de remendos em andamento na Av. Juaci Sampaio Pontes.	56
<b>Figura 25</b> – Remendo realizado em panela na Rua Cruzeiro Velho (Antes x Depois). .....	56

## ***LISTA DE GRÁFICOS***

<b>Gráfico 1</b> - Valores de IGG.....	47
<b>Gráfico 2</b> - Valores de ICP. ....	54
<b>Gráfico 3</b> - Valores de precipitação em 2021 e 2022 (até maio). ....	55



## **LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1</b> - Principais defeitos do pavimento urbano .....	19
<b>Quadro 2</b> - Especificação de ensaios necessários para o recebimento de materiais asfálticos (continua).....	33
<b>Quadro 3</b> - Especificação de ensaios necessários para o recebimento de materiais asfálticos (conclusão).....	34
<b>Quadro 4</b> - Critérios necessários para a aceitação de misturas asfálticas (continua). .....	35
<b>Quadro 5</b> - Critérios necessários para a aceitação de misturas asfálticas (conclusão). .....	36
<b>Quadro 6</b> - Padrões de desempenho para aceitação de Obras de Restauração e manutenção de pavimentos novos (continua). .....	36
<b>Quadro 7</b> - Padrões de desempenho para aceitação de Obras de Restauração e manutenção de pavimentos novos (conclusão). .....	37
<b>Quadro 8</b> - Formulário para contabilização dos defeitos em campo.....	39
<b>Quadro 9</b> - Planilha de Cálculo IGG. ....	39
<b>Quadro 10</b> - Registro de Condição da Seção. ....	41
<b>Quadro 11</b> - Descrição das vias analisadas em Caucaia-CE.....	43
<b>Quadro 12</b> - ICP – Avenida Juaci Sampaio Pontes .....	52
<b>Quadro 13</b> - ICP – Rua Heribaldo Rodrigues.....	53
<b>Quadro 14</b> - ICP – Rua Joaquim Mota .....	53
<b>Quadro 15</b> - ICP – Avenida Dom Almeida Lustosa .....	53
<b>Quadro 16</b> - ICP – Rua Cruzeiro Velho.....	54

## ***LISTA DE TABELAS***

<b>Tabela 1</b> - Correspondência entre ICP e a condição do pavimento. ....	25
<b>Tabela 2</b> - Valor do fator de ponderação para cada tipo de defeito.....	27
<b>Tabela 3</b> - Correspondência entre IGG e a condição do pavimento.....	28
<b>Tabela 4</b> - Análise quantitativa dos valores de IGG e ICP .....	56

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>15</b>
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	15
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	15
<b>1.2 Estrutura do Trabalho</b> .....	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Pavimentos rodoviários flexíveis</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2 Defeitos de pavimentos</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3 Métodos de avaliação do pavimento</b> .....	<b>21</b>
2.3.1 <i>Avaliação Geral</i> .....	21
2.3.1.1 <i>Avaliação estrutural</i> .....	22
2.3.1.2 <i>Avaliação subjetiva</i> .....	24
2.3.1.3 <i>Avaliação objetiva</i> .....	24
2.3.1.3.1 <i>Índice de Condição do Pavimento (ICP)</i> .....	25
2.3.1.3.2 <i>Índice de Gravidade Global (IGG)</i> .....	26
<b>2.4 Sistema de gerência de pavimentos urbanos</b> .....	<b>28</b>
<b>2.5 Recebimento e acompanhamento de obras de pavimentação asfáltica</b> .....	<b>32</b>
2.5.1 <i>Recebimento de materiais asfálticos</i> .....	33
2.5.2 <i>Critérios de aceitação de pavimentos</i> .....	34
2.5.3 <i>Parâmetros de aceitação de entrega de obras de pavimentação</i> .....	36
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1 Classificação da Pesquisa</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2 Método de cálculo</b> .....	<b>38</b>
3.2.1 <i>Método de cálculo IGG</i> .....	38
3.2.2 <i>Método de cálculo ICP</i> .....	39
<b>3.4 Localização dos trechos</b> .....	<b>43</b>
<b>3.5 Fluxograma</b> .....	<b>46</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
<b>4.1 Análise pelo método do Índice de Gravidade Global</b> .....	<b>47</b>
<b>4.2 Análise pelo método do Índice de Condição do Pavimento</b> .....	<b>52</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>
<b>APÊNDICE A – ÁBACOS</b> .....	<b>62</b>

<b>APÊNDICE B – DADOS OBTIDOS POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL.....</b>	<b>73</b>
---	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o principal modal utilizado para o escoamento de cargas e pessoas no Brasil, representando mais de 65% dos transportes de cargas e 95% da locomoção de passageiros, diante disso pode-se entender o quão fundamental ele é, e como a sua infraestrutura pode influenciar para o desenvolvimento do país (CNT, 2021).

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (2021), em que foram pesquisados 109.103 quilômetros de rodovias pavimentadas, o que representava mais que a metade do total de todas as rodovias pavimentadas existentes até a data de pesquisa, mostra que 61,8% delas apresentaram condições inadequadas, classificadas como regular, ruim ou péssimo. O tráfego em rodovias nessas condições acarreta riscos de acidentes, prejuízos financeiros ao município ou ao usuário, como, por exemplo das transportadoras, pois devido às péssimas condições das rodovias, faz com que haja um consumo desnecessário estimado em 955,99 milhões de litros de combustível diesel, que em 2020, gerando um prejuízo de cerca de 4,21 bilhões, dentre outras mercadorias que chegam ao destino avariadas.

Diversos fatores podem ser responsáveis pela má qualidade da pavimentação existente, como o final da vida útil do pavimento, falhas construtivas, dimensionamento incorreto, condições climáticas e tráfego de cargas pesadas (TULLIO; MACHADO, 2020). Lima, Ramos e Fernandes Júnior (2006) destacam as fases de planejamento, dimensionamento e construção das estruturas de pavimento como de grande importância. Entretanto, principalmente nas cidades brasileiras de pequeno e médio porte, não é dada a devida atenção para essas fases, ocasionando que boa parcela das vias urbanas apresente, de forma precoce, um elevado grau de deterioração e redução de sua vida de serviço, gerando mais prejuízos devido ao aumento dos custos para manutenção e reabilitação.

Diante deste cenário, é de grande importância que sejam feitas de forma regular, inspeções e avaliações com o intuito de conhecer o real estado superficial e estrutural das vias para se determinar o grau de severidade em que os defeitos se encontram, e assim poder aplicar o conceito de Gerência de Pavimentos. Para que desta forma, se possa determinar as intervenções necessárias, os locais em que

devem ser executadas e o momento certo em que devem ser realizadas (TULLIO; MACHADO, 2020).

Para isso é necessário que haja instrumentos e métodos de avaliação da condição estrutural e funcional dos pavimentos, que proporcionem dados válidos a baixo custo, para que os recursos disponíveis sejam utilizados da melhor forma possível. Dois métodos podem ser utilizados para a avaliação objetiva das condições de superfícies pavimentadas. O primeiro deles é o do *Pavement Condition Index* (PCI), originário dos Estados Unidos, desenvolvido pela *United States Army Corps of Engineers* (USACE), foi primeiramente desenvolvido com objetivo de gerenciar pavimentos de aeroportos, e posteriormente utilizado para aplicação em pavimentos urbanos. Por meio de uma avaliação do estado do pavimento em termos de sua integridade estrutural, tem por objetivo determinar um índice numérico de condição de pavimento para rodovias (DA SILVA, 2020).

Outro método utilizado é o Índice de Gravidade Global (IGG), que se trata de uma avaliação que por meio de um índice que qualifica o estado geral de uma rodovia em função da ocorrência de cada espécie de defeito, visa apresentar o grau de degradação superficial da rodovia (VIEIRA, 2016).

Tendo em vista que em um país em crescimento econômico, e com o poder aquisitivo da população também em crescimento, maiores necessidades tem surgido ou aumentando, como é o caso da locomoção, que de acordo com Rodrigues (2017), o período de 2008 a 2018, a taxa de motorização passou de 19,6 para 29,7 automóveis para cada 100 habitantes. Portanto, para atender as necessidades dessa crescente demanda é necessário que as vias urbanas estejam em bom estado de utilização e serem realizadas as devidas manutenções e reabilitações sempre que necessárias, afim de gerar um maior conforto e segurança aos usuários.

Diante do exposto, o presente trabalho se justifica por meio da importância de não somente avaliar a condição anterior e posterior da intervenção, mas também pela importância de que se tenha um acompanhamento do estado dessas vias para serem previstos e realizados reparos antes que o nível de qualidade caia precocemente. Para isso será feita a avaliação da condição do pavimento nos meses de março e abril de 2022 em trechos de cinco ruas do estado de Caucaia – CE que também foram avaliados no primeiro quadrimestre de 2021 por Silva (2021), comparados os resultados e feito uma análise do conceito obtido pelos dois métodos de avaliação da condição do pavimento, o Índice de Gravidade Global (DNIT, 2003)

e o *Pavement Condition Index* (SHAHIN e KOHN, 1979), em que foram escolhidos por não necessitarem de materiais de alto custo para execução e pela sua praticidade.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma avaliação objetiva, coletando informações em campo da superfície de pavimentos flexíveis de vias recém qualificadas do município de Caucaia, Ceará, com a utilização de dois métodos de avaliação de pavimentos flexíveis, o *Pavement Condition Index* (Índice de Condição do Pavimento – ICP) e o Índice de Gravidade Global (IGG).

### 1.1.2 Objetivos Específicos

A avaliação objetiva da superfície dos pavimentos flexíveis foi dividida nas seguintes etapas:

- I. Realizar a avaliação e comparação da superfície do pavimento pelo método IGG nas ruas e trechos verificados por Silva (2021) e em 2022;
- II. Realizar a avaliação da superfície do pavimento pelo método ICP nos mesmos trechos;
- III. Observar vantagens e desvantagens quanto aos métodos de avaliação IGG e ICP.

## 1.2 Estrutura do Trabalho

O presente documento está estruturado em 4 (quatro) capítulos, sendo estes descritos brevemente a seguir:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Neste capítulo será apresentado o tema do projeto de pesquisa, onde além de uma breve contextualização sobre o tema será apresentado a problemática e os objetivos, tanto os específicos quanto o geral.
- **Capítulo 2 – Referencial Teórico:** Neste capítulo será descrito a teoria para se obter conhecimento necessário para a realização da metodologia e conclusão.

- **Capítulo 3 – Metodologia:** Aqui será apresentado a forma como foi realizada a pesquisa, descrevendo os passos necessários para elaboração dos resultados.
- **Capítulo 4 – Conclusão:** Neste capítulo será apresentado os resultados e discussões sobre os dados obtidos pela pesquisa.



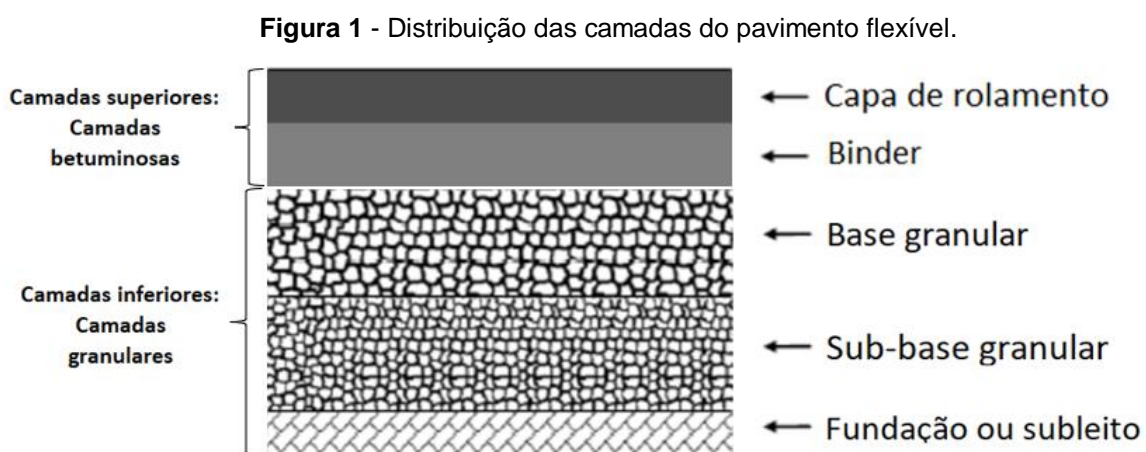
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Pavimentos rodoviários flexíveis

Segundo Gonçalves (1999), A estrutura de um pavimento tem como suas principais funções as de resistir aos esforços causados quando submetido as cargas do tráfego e ofertar ao usuário uma melhor condição de segurança, conforto e economia. Minhoto (2007) acrescenta que a sua estrutura pode ser dividida em dois conjuntos de camadas, superiores e inferiores.

No conjunto de camadas superiores é o qual encontramos as camadas compostas por misturas betuminosas, nas quais são as mais esbeltas e tem propriedades características de resistência à compressão e à tração. Já o conjunto de camadas inferiores, são as formadas por materiais granulares, que diferente das camadas superiores, não possuem ligantes em sua composição, são menos esbeltas e não possuem propriedades que garantem resistência à compressão e à tração.

A sua estrutura pode ser definida em cinco camadas, sendo sobrepostas a fundação ou subleito, que são: sub-base granular, base granular, base betuminosa, camada de regularização e camada de desgaste ou revestimento asfáltico, como pode ser observado na Figura 01.



Fonte: Adaptado de Silva (2005).

Para Moraes (2011), as camadas são colocadas por ordem crescente de capacidade estrutural, sendo:

- Capa de rolamento: Composta por material betuminoso, possui agregados de alta resistência e deve conter uma superfície regular,

desempenhada, com boa aderência, permitindo aos usuários uma boa condução, cômoda, segura e econômica.

- Binder: Também composta por material betuminoso, possui função de transferir as tensões da camada de desgaste para as camadas inferiores.
- Base e Sub-base: São as camadas granulares, possuem a função de absorver as cargas verticais vindas das camadas superiores, afim de que as cargas que cheguem até o subleito da pavimentação suporte a circulação de obra. A base pode ser constituída tanto por agregados granulares como por ligantes hidráulicos e betuminosos, já a sub-base, que está em contato com o subleito, possui materiais de melhor qualidade que o mesmo, podendo ser composta por um solo selecionado, como também por agregados britados como por solos com adição de ligantes hidráulicos.

Minhoto (2007) acrescenta que, sob o ponto de vista funcional, a camada de revestimento tem papel de grande importância para todo o conjunto existente, pois além de exercer função estrutural, tem por objetivo proteger o restante das camadas de ações climáticas como a chuva, que ao impedir com que chegue até as camadas granulares, faz com que a sua capacidade de carga não seja alterada. Entretanto, como citado, as outras camadas inferiores betuminosas e granulares também possuem papel importante para a estrutura do pavimento, de distribuir as cargas verticais provindas das cargas de tráfego de modo que elas sejam absorvidas camada a camada, diminuindo as tensões de compressão até o subleito.

Portanto, para a concepção de um pavimento flexível, é necessário que durante seu período de vida, o pavimento permaneça apresentando boas condições de utilização, sendo preservadas suas características de impermeabilidade, resistência ao desgaste e as tensões provocadas pelo tráfego. Para que assim, possa exercer suas funções principais de oferecer ao usuário conforto, segurança e economia durante seu trajeto.

## **2.2 Defeitos de pavimentos**


Os pavimentos ao serem dimensionados, são projetados para durar por certo período de vida, onde o pavimento inicia em uma condição ótima até alcançar

uma condição ruim. A deterioração dos pavimentos asfálticos pode-se dar por diversos mecanismos como as ações relacionadas ao tráfego, as ações ambientais ou mesmo devido aos materiais e métodos utilizados durante sua concepção. Para isso é de grande importância o entendimento desses mecanismos que levaram a esse processo tanto para mitigar a ocorrência deles, como para a escolha da técnica mais adequada de manutenção (PRESTES, 2001).

Segundo o CNT (2019), danos na superfície dos pavimentos são facilmente perceptíveis pelos usuários, pois afetam diretamente sobre o conforto e a segurança da via. Para isso as principais deformações do pavimento urbano podem ser classificadas de acordo com o Quadro 01.

**Quadro 1** - Principais defeitos do pavimento urbano

NOME	DEFINIÇÃO	DEFEITO
DESGASTE	<p>Ocasionado devido à degradação progressiva do agregado da massa asfáltica, causando aspereza superficial.</p> <p><b>Principais causas:</b> Falhas de adesividade ligante-agregado; deficiência no teor de ligante; problemas executivos ou de projeto de misturas</p>	
EXUDAÇÃO	<p>Defeito causado pelo excesso de ligante na mistura asfáltica, tornando a superfície do revestimento mais lisa, causando a diminuição da aderência entre o pneu e o pavimento.</p> <p><b>Principais causas:</b> excessiva quantidade de ligante; baixo conteúdo de vazios.</p>	

<p>ONDULAÇÕES OU CORRUGAÇÕES</p>	<p>Movimento plástico do revestimento, onde apresentam deformações transversais ao eixo da pista.</p> <p><b>Principais causas:</b> falta de estabilidade da mistura asfáltica; excessiva umidade do solo subleito; contaminação da mistura asfáltica; falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.</p>	
<p>TRINCAS EM MALHAS TIPO "BLOCO"</p>	<p>Se trata de um defeito estrutural e funcional, onde ocorre o surgimento de um conjunto de trincas que formam bloco retangulares.</p> <p><b>Principais causas:</b> contração da capa asfáltica devido à alternância entre altas e baixas temperaturas; baixa resistência à tração da mistura asfáltica.</p>	
<p>TRINCAS EM MALHAS TIPO "COURO DE JACARÉ"</p>	<p>Se trata de um defeito estrutural onde ocorre o surgimento de um conjunto de trincas, sem direções definidas, se assemelhando a um couro de jacaré.</p> <p><b>Principais causas:</b> colapso do revestimento asfáltico devido à ação do tráfego; fim da vida do pavimento; asfalto duro ou quebradiço.</p>	
<p>REMENDO</p>	<p>É caracterizado pelo preenchimento de buracos com massa asfáltica, assim apontando um local de fragilidade.</p> <p><b>Principais causas:</b> carga de tráfego; emprego de material de má qualidade; ação do meio ambiente; má construção.</p>	

AFUNDAMENTOS	<p>Deformação plástica permanente, caracterizado pela depressão da superfície do pavimento acompanhada de solevamento.</p> <p><b>Principais causas:</b> fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento, ou do subleito; falha na dosagem de mistura asfáltica; falha na seleção do tipo de revestimento asfáltico.</p>	
ESCORREGAMENTO	<p>Trata-se de um deslocamento do revestimento em relação às camadas subjacentes do pavimento com aparecimento de fendas em meia-lua.</p> <p><b>Principais causas:</b> falhas construtivas e de pintura de ligação.</p>	
BURACOS	<p>São cavidades de tamanhos variados no revestimento do pavimento.</p> <p><b>Principais causas:</b> trincas de fadiga; desintegração localizada na superfície do pavimento; deficiência na compactação; umidade excessiva em camadas de solo; falha na imprimação.</p>	

Fonte: CNT (2019).

## 2.3 Métodos de avaliação do pavimento

### 2.3.1 Avaliação Geral.

De acordo com Danieleski (2004) e Pires (2019), a avaliação da condição da superfície do pavimento flexível é a etapa em que será avaliado o grau de severidade, a extensão dos defeitos, se o pavimento necessita de manutenção, se foi bem construído e se atende as especificações de projeto. Diante disso essa etapa se

torna uma das principais etapas para ser dado um início ao Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP).

Danieleski (2004) acrescenta ainda que com base nos dados obtidos na avaliação podem ser utilizados de diversas formas como para a verificação de se o pavimento está atendendo as suas funções, determinar a condição atual da via, elaborar um planejamento de futuras intervenções necessárias, determinar prioridades na programação de investimentos e também determinar as causas dos defeitos verificados.

Diante disso, existem diversas metodologias de avaliação do pavimento, podendo ser classificadas como estrutural, objetiva ou subjetiva. Entretanto, as tipologias de avaliação interagem entre si ou mesmo se sobrepõem, desde que seja levado em consideração as suas devidas funções, para que não sejam substituídas entre si ou usadas de forma equivocada (DANIELESKI, 2004).

#### *2.3.1.1 Avaliação estrutural*

Segundo Aguiar et. al. (2017), a avaliação estrutural se trata da caracterização de todos os elementos estruturais do pavimento, afim de possibilitar a definição de seu comportamento através das cargas que são exercidas sobre o pavimento, como também a sua capacidade de suporte para demandas futuras de cargas. Podem ser divididas em dois tipos: as avaliações destrutivas e as não destrutivas.

O método de avaliação destrutiva se dá pela extração de corpos de prova do pavimento por meio de sondas rotativas como mostra a Figura 2, ou pela abertura de cavas à pá e picareta e tem por objetivo caracterizar fisicamente a estrutura, de modo a identificar as suas camadas e o atual estado de degradação delas, para que assim seja feita a análise das condições físicas do pavimento (ECHEVERRIA, 2011)

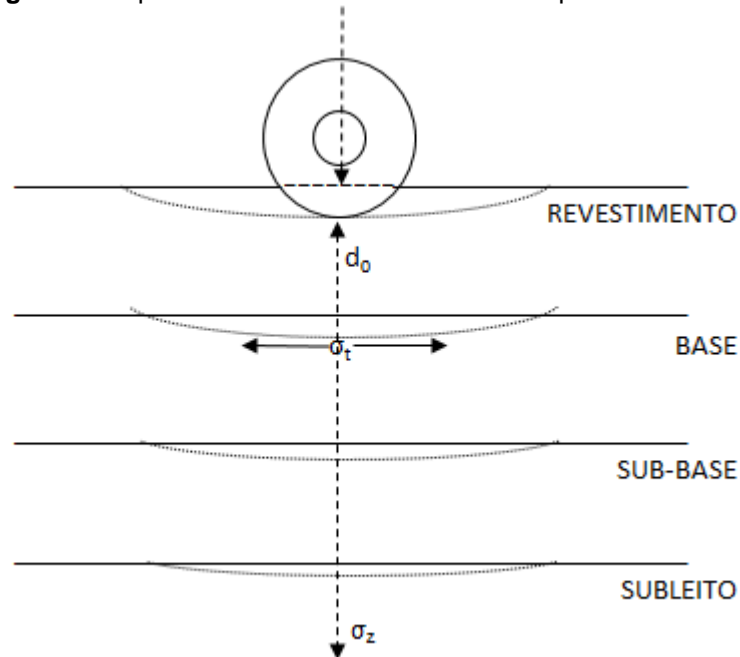
**Figura 2** - Extração de corpo de prova com sonda rotativa.



Fonte: Autor (2021)

Já o método de avaliação não destrutiva se apresenta como o método mais adequado quando se pretende avaliar grandes extensões, pois consiste em tomadas de medidas de deflexões em vários pontos do pavimento, que ao serem impostas, provocam o arqueamento das camadas do pavimento, que após a retirada do carregamento deixa de existir, assim representando um indicativo do comportamento elástico do pavimento como mostra a Figura 3 (ECHEVERRIA, 2011).

**Figura 3** - Impacto da deflexão nas camadas do pavimento flexível.



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2006).

### 2.3.1.2 Avaliação subjetiva

Para Pires (2019), a avaliação subjetiva do pavimento se trata de uma metodologia de avaliação que se utiliza da atribuição de notas pelos usuários sobre a condição da superfície do pavimento utilizando-se do conceito de serventia. Sendo serventia o conceito definido como a capacidade de um pavimento tem de proporcionar uma boa qualidade de rolamento em qualquer condição de tráfego durante a vida útil do pavimento.

Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994), para o método de avaliação subjetiva foi adotado a metodologia do Valor de Serventia Atual – *Present Serviceability Index* (PSI), que foi desenvolvida durante os testes realizados pela *AASHO Road Test* que consiste em realizar uma avaliação de acordo com notas que variam de 0 a 5, sobre a condição do pavimento estudado, sendo classificado como muito bom, bom, regular, ruim ou muito ruim, como pode-se observar na Figura 4 (DANIELESKI, 2004).

**Figura 4** - Avaliação subjetiva do *AASH Road Test*

<b>É aceitável?</b>	5	Muito Bom
Sim <input type="checkbox"/>	4	Bom
Não <input type="checkbox"/>	3	Regular
Indeciso <input type="checkbox"/>	2	Ruim
	1	Muito Ruim
	0	
Identificação da Seção: _____	Nota: _____	
Avaliador: _____	Data: _____	Horas: _____ Veículo: _____

Fonte: Danieleski (2004).

### 2.3.1.3 Avaliação objetiva

O método de avaliação objetiva consiste do levantamento quantitativo, por meio de inspeções visuais, que visa quantificar e qualificar o grau de degradação existente na superfície do pavimento. Para isso, podem ser utilizados dois métodos o do Índice de Condição do Pavimento (ICP) ou do Índice de Gravidade Global (IGG).



### 2.3.1.3.1 Índice de Condição do Pavimento (ICP)

De acordo com Bertollo (1997), o método foi publicado por pesquisadores do *United States Army Corps of Engineers (USACE)*, em 1982, onde desenvolvido inicialmente com o intuito de realizar a inspeção e a avaliação dos pavimentos aeroportuários por meio do índice chamado ICP, que desde sua concepção vem sendo utilizado por diversos sistemas de gerência de pavimentos nos Estados Unidos da América (EUA).

Para Páez (2015) o ICP pode ser utilizado de diversas formas pelos sistemas de gerência. Como por exemplo para o acompanhamento do desempenho do pavimento, auxiliar no estabelecimento de prioridades para intervenção, gerenciamento e entendimento da evolução da condição da rede, desenvolvimento de previsão de desempenho e para verificação do desempenho econômico dos investidores.

O índice ICP varia em uma escala de 0 a 100, onde pode ser classificado como péssimo, muito ruim, ruim, regular, bom, muito bom e excelente como mostra a Tabela 1. Sua determinação é baseada por meio do levantamento visual, onde são anotados e medidos os níveis de severidade e quantidade dos defeitos encontrados para uma determinada seção do pavimento (SONCIM, 2015).

**Tabela 1** - Correspondência entre ICP e a condição do pavimento.

<b>ICP</b>	<b>CONCEITO</b>
<b>86-100</b>	Excelente
<b>71-85</b>	Muito Bom
<b>56-70</b>	Bom
<b>41-55</b>	Regular
<b>26-40</b>	Ruim
<b>11-25</b>	Muito Ruim
<b>0-10</b>	Péssimo

Fonte: Adaptado de USACE (1982)

De acordo com Albuquerque (2017) o ICP é determinado por meio de ábacos e da densidade do defeito nos trechos, o número de valor de dedução (DV) para cada tipo de defeito. Em seguida, o valor deduzido total (TDV) e a correção do

valor deduzido (CDV), para que assim possa deduzir o valor que representa o excelente estado do pavimento.

São considerados 19 tipos de defeitos de pavimentos asfálticos para a análise que são divididos em: trincas (reflexão, longitudinal e transversal, fadiga, trincas de bordo, escorregamento e bloco), painelas, remendos, escorregamento de massa asfáltica, inchamento, corrugação, exsudação, afundamento da trilha de roda, agregado polido, afundamento localizado, desnível em cruzamento ferroviário e desnível pista/acostamento) e elevação (ASTM, 2011). Para o cálculo do índice são utilizadas as equações 1 e 2.

$$ICP = 100 - \left[ \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} A(T_i, S_j, D_{ij}) \right] \cdot F(t, q) \quad (1)$$

$$ICP = 100 - CDV \quad (2)$$

Onde:

- ICP = Índice de Contribuição do Pavimento;
- A = Valor de dedução, irá depender do tipo ( $T_i$ ), severidade ( $S_j$ ) e densidade ( $D_{ij}$ ) dos defeitos no pavimento;
- I = contador dos tipos de defeitos;
- J = contador do grau de severidade;
- P = número de defeitos no pavimento analisado;
- $M_i$  = Severidade do  $i$ -ésimo tipo de defeito;
- $F(t, q)$  = Fator de ajuste, função do somatório total do valor de dedução (VTD) e do número de deduções;
- CDV = Valor de dedução corrigido.

#### 2.3.1.3.2 Índice de Gravidade Global (IGG)

O método de análise da superfície de pavimentos flexíveis IGG é amplamente utilizado no Brasil e é normatizado pela NORMA DNIT 006/2003 – PRO, onde tem como objetivo chegar a um valor numérico, que varia de 0 a 160, afim de determinar a condição do pavimento, onde quanto menor o valor adquirido pelo índice, melhor a condição da superfície do pavimento (SILVA, 2018).

De acordo com Vieira (2016) e Silva (2018), o método de análise IGG é uma avaliação que tem como objetivo adquirir índices de degradação superficial dos pavimentos, em que por meio de levantamentos dos defeitos das superfícies, será

feita análises quantificando e qualificando os resultados obtidos. O índice será obtido por meio das somas dos Índices de Gravidades Individuais (IGI), que é feito por meio do produto entre a frequência relativa ( $F_r$ ) apresentada pelos defeitos encontrados e os seus fatores de ponderação ( $F_p$ ). A Tabela 2 categoriza o fator de ponderação referente a cada tipo de defeito e para o cálculo do IGI são utilizadas as equações 3 e 4.

$$F_r = F_a \times \frac{100}{n} \quad (3)$$

$$IGI = F_r \times F_p \quad (4)$$

Onde:

$F_r$  = Frequência relativa;

$F_a$  = Frequência absoluta;

$n$  = número de estações inventariadas.

Onde:

IGI = Índice de Gravidade Individual;

$F_r$  = Frequência relativa;

$F_p$  = Fator de ponderação.

**Tabela 2** - Valor do fator de ponderação para cada tipo de defeito.

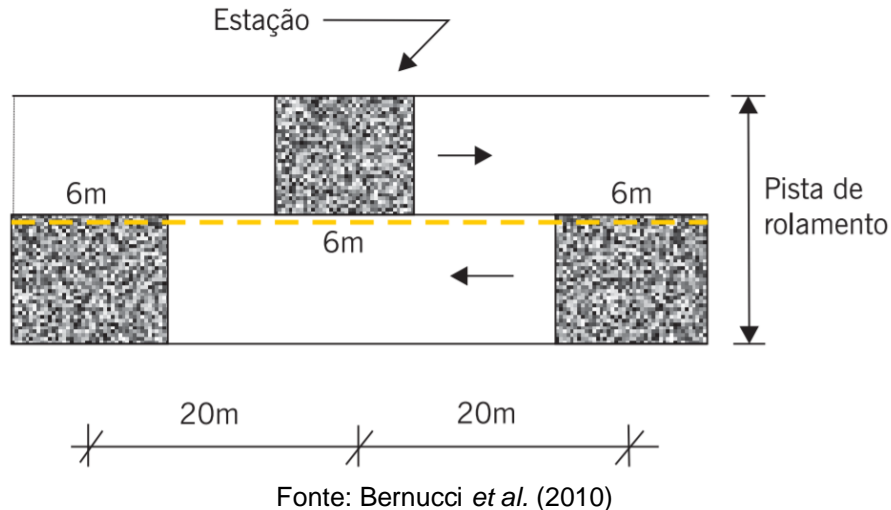
Tipo de ocorrência	Defeitos	Fator de Ponderação ( $F_p$ )
1	Fissuras e trincas isoladas	0,2
2	Trincas tipo Bloco e Jacaré	0,5
3	Trincas tipo Bloco e Jacaré com erosão de borda	0,8
4	Afundamentos	0,9
5	Escorregamento, Ondulação e Panelas	1,0
6	Exsudação	0,5
7	Desgaste	0,3
8	Remendo	0,6

Fonte: DNIT (2003)

Bernucci *et al.* (2010) acrescentam que, para a execução do método, não é necessário que seja avaliado a condição de 100% da extensão do pavimento, mas que deve ser determinado de forma amostral para algumas estações com área e distanciamento pré definidos. Onde as estações para as pistas simples devem ser definidas a cada 20m, alternando entre faixas, nas rodovias de pista dupla, a cada 20m, na faixa mais solicitada pelo tráfego para cada uma das pistas. A superfície a ser avaliada corresponde a 3m antes e 3m depois de cada uma das estacas, correspondendo a cada estação uma área de 6m de extensão e largura da faixa

analisada. A Figura 5 representa um exemplo da disposição das estações para uma pista simples.

**Figura 5** - Demarcação de áreas para inventário de defeitos



Por fim, para o cálculo do índice IGG é utilizado a equação 5. Onde por meio do resultado obtido, pode-se determinar o conceito de degradação do pavimento, definido como péssimo, ruim, regular, bom ou ótimo. A Tabela 3 mostra o conceito adquirido para determinado valor de índice obtido.

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

**Tabela 3** - Correspondência entre IGG e a condição do pavimento

IGG	CONCEITO
0-20	Ótimo
21-40	Bom
41-80	Regular
81-160	Ruim
>160	Péssimo

Fonte: Adaptado de DNIT (2003).

## 2.4 Sistema de gerência de pavimentos urbanos

O crescente aumento da frota de veículos no Brasil gera consigo uma demanda crescente por vias de melhor qualidade, e conciliado à ausência de uma legislação específica para a gerência dos pavimentos urbanos, geram uma má otimização dos recursos fornecidos devido a uma deficiência gerada no planejamento

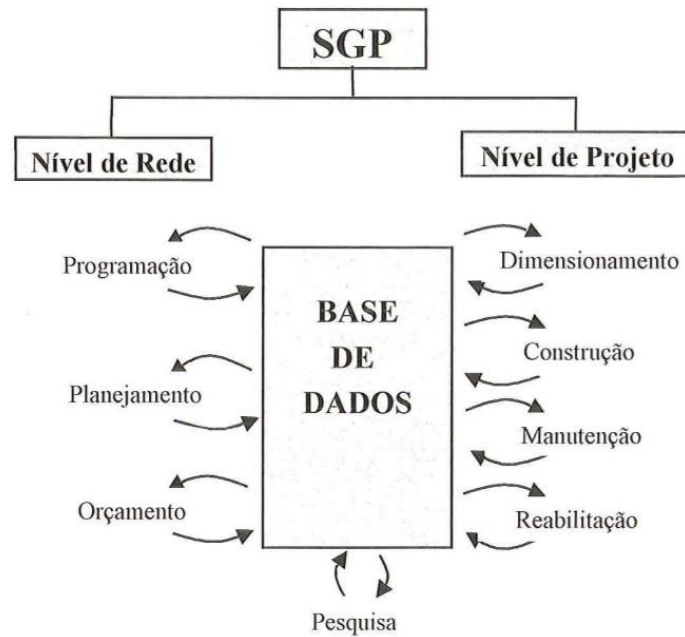
de atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R). Para isso são desenvolvidas metodologias capazes de criar estratégias eficientes capazes de auxiliar durante o processo de tomada de decisão, sendo resultado proveniente de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU), que com as metodologias desenvolvidas capacitam e tornam as intervenções mais eficientes, economicamente e, mantendo o pavimento em condições aceitáveis de uso durante a sua vida útil, promovendo conforto e segurança ao usuário (ZANCHETTA, 2017).

No entanto, no Brasil, a gerência dos pavimentos urbanos é muitas vezes dada pela habilidade de técnicos e engenheiros municipais, onde geralmente, devido a escassez de recursos ou até mesmo por desconhecimento, as decisões de manutenção e recuperação são definidas sem que haja a utilização de procedimentos formais de gerência, sendo realizados somente baseados na experiência de trabalho dos profissionais. No entanto, com a utilização dos Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP), é possível além de promover melhores níveis de serviço do pavimento, gerar também uma redução de custos e possibilita desenvolver um inventário das vias e justificar possíveis alterações no orçamento das atividades executadas (MARTINS *et al.*, 2021).

Páez, Lopes e Fernandes Jr. (2015), apresentam como uma opção para a estrutura de um SGP sendo dividido em dois níveis diferentes, que são a gerência ao nível de rede e ao nível de projeto. A Gerência de pavimento ao nível de rede, por trabalhar com informações resumidas, é utilizada principalmente para a tomada de decisões administrativas, como, por exemplo na identificação de projetos candidatos para intervenções, na avaliação da condição atual do sistema na previsão da condição futura.

Já a gerência ao nível de projeto propicia uma análise detalhada da programação de intervenções no pavimento, de modo a apresentar uma análise detalhada dos defeitos encontrados, assim como também as suas causas e métodos corretivos. De modo geral a gerência ao nível de projeto se trata do dimensionamento, construção, manutenção e reabilitação do pavimento, como, por exemplo na aplicação de análises dos custos que ocorrem durante a vida útil do pavimento e na definição de parâmetros principais do projeto (PÁEZ; LOPES e FERNANDES JR., 2015). O fluxograma mostrado na Figura 6 resume as atividades de gerência dos pavimentos ao nível de rede e nível de projeto.

**Figura 6** - Fluxograma dos componentes de um SGP em nível de rede e de projeto.



Fonte: Haas *et al.* (1994)

Para Pantigoso (1998), o SGP por buscar a otimização no processo de seleção de projetos e por ser tradicionalmente utilizado por organismos rodoviários federais e estaduais, embora que os princípios da gerência de pavimentos sejam os mesmos, possui características distintas quanto ao SGPU, principalmente por utilizar a técnica de priorização para a seleção de projetos e por serem menos sofisticados, propiciando um melhor entendimento. Zerbini (1999) acrescenta algumas particularidades do SGPU, onde destaca as descontinuidades estruturais causadas pelas instalações de serviços públicos, a geometria das vias, sendo dispostas formando uma espécie de malha, às solicitações do tráfego, que diferente de uma rodovia, possuem uma composição maior de automóveis, com menor quantidade de veículos de carga pesada, entretanto com maior fluxo descontínuo e velocidades de operação mais baixas.

A implementação da gerência de pavimento urbano pode ser dividida em etapas, sendo a primeira etapa a identificação e definição da rede pavimentada urbana, que será dividida em ramos, que é uma parte identificável da rede como, por exemplo uma via local, que poderá ser dividido em uma ou mais seções, onde são classificadas com base na sua localização na rede. A próxima etapa será a obtenção do inventário, no qual é o processo de coleta e organização dos dados, onde deverá conter todo o histórico das ruas, como projetos de construção, características

geométricas, datas e relatórios de manutenção e reabilitação para que em seguida seja realizada a avaliação da condição dos pavimentos das seções identificadas, em que será feita a previsão da evolução da condição dos pavimentos por meio de modelos de avaliação de desempenho (ZERBINI, 1999).

Após o levantamento e a avaliação do pavimento, deve ser estabelecida as prioridades para as atividades de M&R, onde a melhor alternativa avaliada para estabelecer as prioridades é por meio de índices compostos, também chamados de Índices de Prioridade (IP), que pode ser expressa pela equação 5 proposta por Tavakoli *et al.* (1992), em que consideram variáveis como a condição dos pavimentos, volume de tráfego, classificação funcional, idade desde a última intervenção, drenagem e histórico de acidentes (PANTIGOSO, 1998).

$$IP = \frac{ICP}{FT \times CF \times FR} \quad (6)$$

Onde:

- IP = Índice de prioridade;
- ICP = Índice de Condição do Pavimento (maior prioridade quanto maior a condição do pavimento);
- FT = Fator de tráfego (maior a prioridade quanto maior o volume de tráfego);
- CF = Fator de classificação funcional (maior prioridade para as ruas mais importantes);
- FR = Fator de rota de trânsito de veículos especiais (prioridade maior para rotas de ônibus, por exemplo).

Em seguida será realizada a etapa de programação das atividades de M&R, que tem por objetivo quando realizada uma atividade de manutenção, de preservar ou manter o pavimento em boas condições durante o período de vida útil, e quando realizadas atividades de reabilitação, com objetivo de prolongar a vida útil do pavimento. Tendo sido determinado todas as etapas anteriores e definido as estratégias de manutenção e reabilitação, será possível realizar a implementação. A Figura 7 mostra um esquema das etapas utilizadas na implementação de um sistema de gerência de pavimentos urbanos.

**Figura 7** - Etapas na implementação de um SGPU.



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998).

## **2.5 Recebimento e acompanhamento de obras de pavimentação asfáltica**

Para a implementação de uma obra rodoviária é necessário que passe por diversas etapas, que vão desde o planejamento global, com o projeto detalhado, até finalizar com a construção. Como qualquer pavimento que está sendo construído, espera-se que resista durante o seu período de vida útil, para isso é necessário que em todas as etapas o fator qualidade seja sempre o mais relevante, e isso é dado por meio de procedimento e normas específicas, onde deve ser atendido os parâmetros de aceitação e rejeição dos serviços determinados através do controle tecnológico TCE-RJ (Rio de Janeiro, 2019).

De acordo com o TCE-RJ (Rio de Janeiro, 2019), acrescenta que, o controle tecnológico é realizado tanto antes da execução do serviço, durante o recebimento dos materiais, quanto durante a execução. Esse controle, quando feito na etapa de recebimento da obra, é realizado por meio da coleta de materiais (Figura 8) e de ensaios em laboratório especializado, afim de que seja selecionado os materiais mais adequados e apresentarem o desempenho esperado. Quando realizado durante a execução do serviço, uma das principais atividades é a realização de ensaios específicos em campo, afim de garantir a qualidade da camada executada,



e para se poder garantir um resultado satisfatório do pavimento executado, é necessário que seja feito o acompanhamento durante todas as etapas da concepção do pavimento.

**Figura 8** - Amostra de materiais.



Fonte: TCE-RJ (Rio de Janeiro, 2019)

### 2.5.1 Recebimento de materiais asfálticos

Para o recebimento de matérias asfálticas a Superintendência de Obras Públicas – SOP/CE (Ceará, 2019) especifica o procedimento adequado para os mais diversos tipos de materiais, no qual para cimentos asfálticos de petróleo, CAP modificado por polímeros elastoméricos e por borracha, emulsões asfálticas, emulsões modificadas por polímeros elastoméricos e asfaltos diluídos, deve-se verificar os resultados dos ensaios do certificado de qualidade do fabricante ou realizar uma série de ensaios que são definidos para cada um dos tipos de material asfáltico, como mostra o Quadro 2 e 3.

**Quadro 2** - Especificação de ensaios necessários para o recebimento de materiais asfálticos (continua).

Material asfáltico	Ensaio
Cimento Asfáltico de Petróleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de Penetração a 25°C</li> <li>• Ensaio do ponto de fulgor</li> <li>• Ensaio de espuma.</li> <li>• Ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol”.</li> </ul>
CAP modificado por polímeros elastoméricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de recuperação elástica a 25°C;</li> <li>• Ensaio de Estabilidade ao armazenamento</li> </ul>
CAP modificado com borracha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de penetração a 25°C;</li> <li>• Ensaio do ponto de fulgor;</li> <li>• Ensaio de viscosidade Brookfield;</li> <li>• Ensaio de recuperação elástica pelo ductilômetro a 25°C.</li> </ul>

**Quadro 3** - Especificação de ensaios necessários para o recebimento de materiais asfálticos (conclusão).

Emulsões Asfálticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol”.</li> <li>• Ensaio de Peneiração;</li> <li>• Ensaio de determinação de carga de partícula</li> <li>• Ensaio de resíduo por evaporação.</li> </ul>
Emulsões modificadas por polímeros elastoméricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de recuperação elástica a 25°C, no resíduo da emulsão.</li> </ul>
Asfaltos diluídos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de viscosidade cinemática a 60°C;</li> <li>• Ensaio do ponto de fulgor e combustão.</li> </ul>

Fonte: Adaptado SOP/CE (2019)

Além dos ensaios para os tipos de materiais asfálticos citados, outras observações também são importantes de serem realizadas durante o recebimento do material. Onde dos três primeiros carregamentos de um mesmo ligante, deve ser feita a relação da viscosidade com a temperatura com no mínimo 3 pontos e ao chegar cada carregamento à obra, deve ser reservado aproximadamente 1kg do material asfáltico após a retirada do lacre, em que deve ser rotulado e então confiado a SOP/CE (2019) para quaisquer verificações através de ensaios especiais.

### 2.5.2 Critérios de aceitação de pavimentos

O revestimento asfáltico é a camada de rolamento de um pavimento flexível, e de acordo com o TCE-RJ (Rio de Janeiro, 2019), no Brasil, os tipos de misturas asfálticas mais utilizadas nas obras de pavimentação de ruas, avenidas e rodovias, sejam elas de tráfego médio a alto, variam de região para região e a depender da disposição do material, onde são geralmente utilizados o Concreto Asfáltico (CA), o Tratamento Superficial (TS), pré-misturado a Quente (PMQ). Entretanto, cada tipo de material exprime características particulares, onde em todas as fases da execução devem seguir as suas devidas especificações e normas. Tendo em vista as particularidades de cada tipo de mistura asfáltica, o Quadro 4 e 5 definem critérios necessários para a aceitação dos diversos tipos de mistura asfáltica.

**Quadro 4** - Critérios necessários para a aceitação de misturas asfálticas (continua).

<b>Concreto Asfáltico (CA)</b>	
<b>Ligante Asfáltico</b>	Deve ser exigido o certificado da qualidade de fábrica contendo os resultados dos ensaios de espuma, penetração e viscosidade Saybolt Furol.
<b>Agregados</b>	<p><b>Deve possuir:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistência a abrasão do agregado graúdo de no máximo 50% em peso;</li> <li>- Adesividade satisfatória, sem que apresente nenhum deslocamento da película asfáltica;</li> <li>- Índice de forma do agregado graúdo superior a 0,5;</li> <li>- Durabilidade, onde não deve possuir afetação das partículas superiores a 12%;</li> <li>- Equivalente de areia (EA) do agregado miúdo de no mínimo 50%;</li> <li>- Filer artificial com porcentagens passando mínimas de 100%, 95% e 65% para as peneiras N° 40, 80 e 200, respectivamente;</li> <li>- Controle de temperatura específico;</li> <li>- Teor de CAP de aproximadamente 0,3%;</li> <li>- Grau de compressão de no mínimo 95%;</li> <li>- Limite de estabilidade entre 500 kgf e 1.000 kgf para a camada de rolamento e entre 400 kgf e 800 kgf para a camada de ligação (BINDER);</li> <li>- Limite de fluência entre 2,0 mm e 4,5 mm para as camadas de rolamento e de ligação (BINDER);</li> <li>- Controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis.</li> </ul>
<b>Tratamento Superficial Simples e Duplo (TSS e TSD)</b>	
<b>Materiais Asfálticos</b>	<p><b>Emulsão asfáltica catiônica (EAC):</b> Deve ser exigido o certificado de fábrica contendo os ensaios de Viscosidade Saybolt Furol, resíduo por evaporação, peneiramento, sedimentação e carga de partícula.</p> <p><b>Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP):</b> Assim como o EAC, ao chegar na obra, deve ser exigido o certificado de fábrica com os ensaios de espuma, penetração e viscosidade Saybolt Furol.</p>
<b>Agregados</b>	<p><b>Deve atender as seguintes exigências:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistência à abrasão de no máximo 40% em peso;</li> <li>- Apresentar no ensaio de durabilidade perda inferior a 12%;</li> <li>- Adesividade satisfatória, sem que apresente nenhum deslocamento da película asfáltica;</li> <li>- Ao verificar a absorção, se possuir absorção de água superior a 1% do peso do agregado, realizar um estudo da conseqüente absorção;</li> <li>- Possuir índice de forma igual ou superior a 0,5;</li> <li>- Tolerância na granulometria, com material retido nas peneiras Dmm, dmm, 2mm e 0,074mm de no máximo 5%, 12%, 3% e 1% respectivamente;</li> <li>- Manter o devido controle das taxas de ligante e de agregado;</li> <li>- Tolerância máxima da taxa de ligante de 1,15 e mínima de 0,95;</li> <li>- Taxa máxima de agregado de 1,10 e mínima de 0,90;</li> <li>- Controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis.</li> </ul>

**Quadro 5** - Critérios necessários para a aceitação de misturas asfálticas (conclusão).

<b>Pré-misturado a Quente (PMQ)</b>	
<b>Ligante Asfáltico</b>	Deve ser exigido o certificado da qualidade de fábrica contendo os resultados dos ensaios de espuma, penetração e viscosidade Saybolt Furol
<b>Agregados</b>	<p><b>Deve possuir:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistência à abrasão (ensaio Los Angeles) para a camada de rolamento possuir LA máximo de 30%, 40% e 45% para as faixas A-B, C-D e E-F respectivamente. E para a base ou binder, possuir LA máximo de 40% e 45% para as faixas A-B e C-D respectivamente;</li> <li>- Adesividade satisfatória sem que haja nenhum deslocamento da película asfáltica;</li> <li>- Índice de forma (IF) do agregado graúdo com percentagem máxima de grãos defeituosos (GD) conforme a faixa granulométrica, sendo para a faixa A-B com IF mínimo de 0,5 e DG máximo de 20%, para as faixas C-D IF mínimo 0,45 e GD máximo 25%, para as faixas E-F IF mínimo 0,40 e DG máximo 30%;</li> <li>- Apresentar no ensaio de durabilidade perda inferior a 12%;</li> <li>- Possuir equivalente de areia mínimo do agregado miúdo em 45%;</li> <li>- Filer artificial com porcentagens passando mínimas de 100%, 95% e 65% para as peneiras N° 40, 80 e 200, respectivamente;</li> <li>- Confirmação do traço Marshall do projeto;</li> <li>- Controle de temperatura específico;</li> <li>- Controle do teor de CAP passando em peso aproximadamente 7%, 5% e 2% para as peneiras 3/8" a 1", N° 40 a 4 e a de N° 200 respectivamente;</li> <li>- Devido controle do grau de compactação;</li> <li>- Controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis.</li> </ul>

Fonte: SOP/CE (2019)

### 2.5.3 Parâmetros de aceitação de entrega de obras de pavimentação

De acordo com o DNIT (2013), são normatizados conceitos que definem e padronizam os procedimentos técnicos e administrativos para recebimento de obras rodoviárias de pavimentos novos e restaurados, onde é exposto o método adequado para realização de levantamentos dos defeitos, da exposição dos resultados e da análise dos levantamentos, onde são definidos, de forma criteriosa, parâmetros mínimos para ser assinado o Termo de Recebimento Provisório do objeto de contrato como mostra o Quadro 6 e 7.

**Quadro 6** - Padrões de desempenho para aceitação de Obras de Restauração e manutenção de pavimentos novos (continua).

Indicador	Padrões exigidos
Flechas nas Trincas de Roda	$F \leq 5,0$ mm em 100% das medidas obtidas
Trincas Classe 2 e 3	0,0% de frequência relativa ou área
Exsudação	0,0% de frequência relativa ou área
Ondulação/Corrugação de Escorregamento	0,0% de frequência relativa ou área

**Quadro 7** - Padrões de desempenho para aceitação de Obras de Restauração e manutenção de pavimentos novos (conclusão).

ALP, ATP e ALC, ATC	0,0% de frequência relativa ou área
Deflexão Recuperável – Dp	$Dp \leq 1,1 \times Dadm$
Raio de Curvatura – Rc	$Rc > 100$
Qi/IRI	<p><b><u>Pavimentos Novos:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto Asfáltico: <math>QI \leq 30</math> cont./km ou <math>IRI \leq 2,3</math> m/km</li> <li>- Tratamentos Superficiais ou misturas do tipo CPA, SMA, GAP – GRADED: <math>QI \leq 33</math> cont./km ou <math>IRI \leq 2,5</math> m/km.</li> </ul> <p><b><u>Pavimentos Restaurados:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto Asfáltico: <math>QI \leq 35</math> cont./km ou <math>IRI \leq 2,3</math> m/km</li> <li>- Tratamentos Superficiais ou misturas do tipo CPA, SMA, GAP – GRADED: <math>QI \leq 19</math> cont./km ou <math>IRI \leq 3,0</math> m/km.</li> </ul>
Condições de Segurança	<p><b><u>Macrotextura:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensaio de mancha de areia:</li> <li>Graduação Contínua – <math>0,4 \text{ mm} \leq HS \leq 0,6 \text{ mm}</math></li> <li>Graduação Descontínua, Tratamentos Superficiais, MICRO e LAMA - <math>0,6\text{mm} &lt; HS \leq 1,2\text{mm}</math></li> </ul>

Fonte: Adaptado da Instrução de Serviço/DG Nº 13 de 04/11/2013 do DNIT.

Onde:

- ALP – Afundamento Local Plástico.
- ATP – Afundamento na Trilha de Roda Plástico;
- ALC – Afundamento Local por Consolidação;
- ATC – Afundamento na Trilha de Roda por Consolidação;
- Qi – Quociente de Irregularidade;
- IRI – *International Roughness Index* (Índice de Irregularidades Internacional).

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Classificação da Pesquisa**

O tipo de pesquisa realizada no presente trabalho é de caráter exploratória-descritiva, onde por meio de pesquisas bibliográficas em normas nacionais e internacionais, artigos, dissertações e teses relacionadas a utilização dos dois índices de avaliação do pavimento, IGG e PCI, em que foram realizadas com o objetivo de garantir maior familiaridade ao assunto para ser posteriormente feito o levantamento de dados e formulado hipóteses.

Quanto ao levantamento de dados, foi realizado com uma abordagem quali-quantitativa, no qual foi efetuado o levantamento em campo, nos trechos determinados para análise, afim de observar a evolução e o comportamento do pavimento durante o seu período inicial. Que posteriormente, por meio de um método indutivo, caso o pavimento tenha apresentado um estado indesejado, desenvolver uma teoria sobre o motivo do surgimento dos defeitos encontrados.

### **3.2 Método de cálculo**

#### *3.2.1 Método de cálculo IGG*

Para a obtenção do IGG é necessário que seja aplicada as equações 3 e 4 supracitadas, e para a obtenção dos dados necessários para as equações é necessário que haja uma avaliação visual em campo dos trechos escolhidos, onde será feito o levantamento dos defeitos encontrados em cada estação, formando assim o inventário do estado da superfície do pavimento. Para a criação do inventário será utilizado o formulário exibido no Quadro 8 e para o cálculo do IGG a planilha exibida no Quadro 9.

**Quadro 8 - Formulário para contabilização dos defeitos em campo.**

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
RODOVIA:		TRECHO: SUBTRECHO:						OPERADOR: REVESTIMENTO TIPO:						Data: Estaca ou Quilômetro									
Estaca ou Km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						FLECHAS (mm)				
			ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			FI	TTC	TIL	TLC	TLL	TRR	FC-2 (2)		FC-3 (3)										ALP	ATP	ALC
1	1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm	

Fonte: Adaptado de DNIT, 2006.

**Quadro 9 - Planilha de Cálculo IGG.**

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:	Folha:	
RODOVIA:		TRECHO: SUBTRECHO:			Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro	
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	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			0,9			
5	O e P			1			
6	EX			0,5			
7	D			0,3			
8	R			0,6			
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em	TRE =	TRI =	F =			
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas	TREv =	TRIV =	FV =			
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS						$\Sigma$ IND. GRAVID. IND. = IGG =	
1A) IGI = $F \times 4/3$ quando $F \leq 30$		2A) IGI = FV quando $FV \leq 50$				Conceito=	
1B) IGI = 40 quando $F > 30$		2B) IGI = 50 quando $FV > 50$					

Fonte: Adaptado de DNIT, 2006.

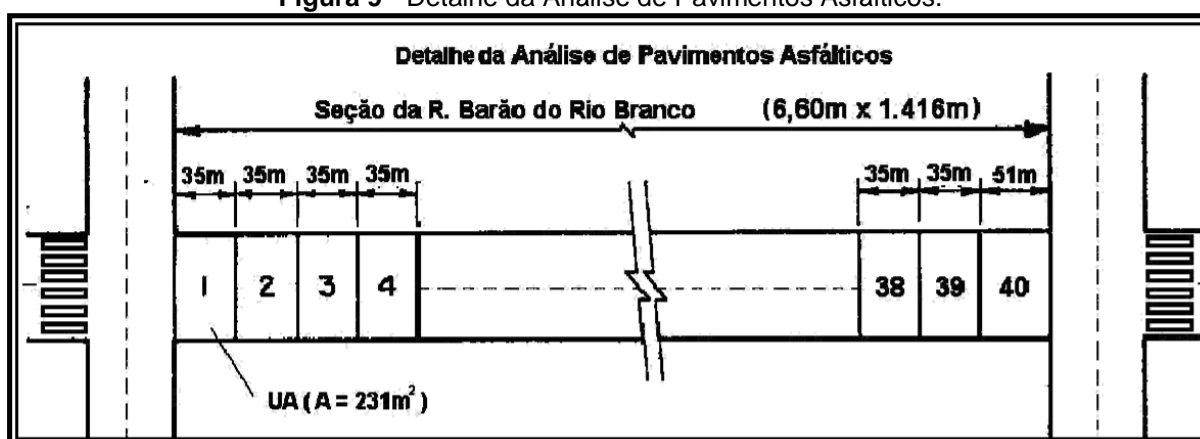
### 3.2.2 Método de cálculo ICP

Para a determinação do ICP é necessário que sejam, a priori, determinados os ramos, as seções e as quantidades de unidades de amostra (UA) que serão inspecionadas. Sendo os ramos as maiores subdivisões da malha, onde são identificadas com códigos (indicados pela inicial de cada elemento e do número do edifício mais próximo do início do ramo, possuindo sempre 5 caracteres) e elementos simples como avenidas e ruas (1), estacionamentos (E), armazéns (A) e outros (O).

As seções são subdivisões dos ramos, em que devem possuir as mesmas características básicas em toda sua extensão. Os ramos devem possuir a mesma condição estrutural, contendo as mesmas camadas dos pavimentos e materiais, o mesmo histórico de construção, ou seja, devem ter sido executadas na mesma época e o mesmo tráfego e condição do pavimento em sua extensão.

Para a determinação das UA, são separadas em função da área de análise, onde, tendo em vista a largura e o comprimento da via, é determinado um valor ente  $90\text{m}^2$  e  $225\text{m}^2$ , buscando sempre que possível ser o mais próximo a  $225\text{m}^2$ , a Figura 9 exemplifica a determinação das UA.

**Figura 9** - Detalhe da Análise de Pavimentos Asfálticos.



Fonte: Sucupira, 2006.

Após determinar os ramos, seções e definir a quantidade e o tamanho das UA, será utilizada uma planilha (Quadro 10) para cada UA, onde será feito o registro da quantidade de defeitos encontrados e a severidade deles. Entretanto, para a determinação da condição global do pavimento, devido aos custos de avaliação e critérios estatísticos de análise, não é necessário que todas as UA sejam avaliadas, somente que haja o gerenciamento de projeto da seção, em que por meio do cálculo da quantidade de UA para o pavimento e adotando uma variação do PCI igual a 25 para pavimentos flexíveis, pode-se determinar uma quantidade mínima a se fazer por meio do gráfico da Figura 10.



**Quadro 10 - Registro de Condição da Seção.**

**REGISTRO DE CONDIÇÃO DA SEÇÃO**

Adaptação do Manual TM 5-623 da USACE (1982)

Nome da Rede Urbana	Nome do Ramo	Data	Número da Seção

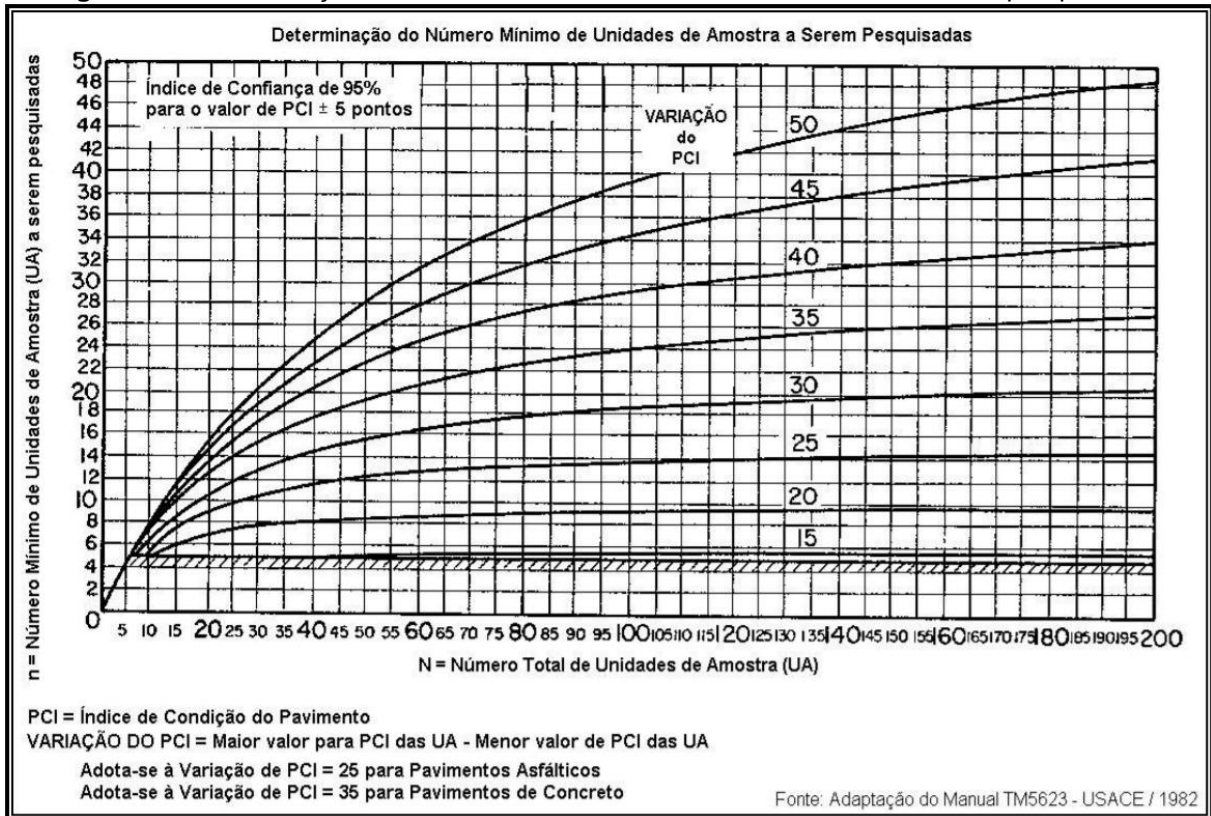
**PCI da SEÇÃO** \_\_\_\_\_ Condição do Pavimento \_\_\_\_\_  
 Nº Total de Unidades de Amostra \_\_\_\_\_ Nº de UA Pesquisadas \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Nº de UA Adicionais Pesquisadas \_\_\_\_\_  
 Variação do PCI \_\_\_\_\_ Nº de UA Mínimo a serem Pesquisadas \_\_\_\_\_

TIPO DE PAVIMENTO \_\_\_\_\_ ÁREA DA SEÇÃO \_\_\_\_\_ Registro de Defeitos da Seção  
 ASF.  CONC. \_\_\_\_\_ m x \_\_\_\_\_ m  Quantidade Extra  Quantidade Atual  
 \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE	QUANTIDADE	DENSIDADE SEÇÃO	VALOR DEDUZIDO	COMENTÁRIO
Total					

Fonte: Adaptado de Sucupira, 2006.

**Figura 10** - Determinação do número mínimo de unidades de amostras a serem pesquisadas.



Por fim, para a determinação do PCI resta somente a obtenção do valor de dedução, sendo obtida através de ábacos produzidos pela *USACE* (1982), onde para cada defeito e severidade do pavimento é obtido um ábaco distinto. Os ábacos a serem utilizados estão no Apêndice A - Ábacos.

Para a utilização dos ábacos é necessário determinar a densidade, que pode ser calculada de três formas diferentes, em função da área do defeito (Equação 6), do comprimento do defeito (Equação 7) e da quantidade de defeitos (Equação 8), obtendo assim o Valor Deduzido Unitário (VDU).

$$Densidade = \frac{\text{Área do Defeito (m}^2\text{)} * 100}{\text{Área da UA (m}^2\text{)}} \quad (6)$$

$$Densidade = \frac{\text{Comprimento do Defeito (m)} * 100}{\text{Área da UA (m}^2\text{)}} \quad (7)$$

$$Densidade = \frac{\text{Número de Defeitos} * 100}{\text{Área da UA (m}^2\text{)}} \quad (8)$$

Após a obtenção do valor deduzido de cada defeito encontrado, é calculado Valor Deduzido Total (VDT), sendo dado pela soma de cada VDU. Após calculado o VDT, deve-se convertê-lo em Valor Deduzido Corrigido (VDC) por meio do gráfico encontrado no Anexo 1 – Ábacos

Para que assim, de posse do VDC pode-se calcular o valor do PCI para cada UA pela equação 9 e em seguida determinar o PCI referente à seção pertencente a todas as UA por meio da média aritmética desses valores.

$$PCI_{UA} = 100 - VDC \quad (9)$$

### 3.4 Localização dos trechos

As vias escolhidas pertencem ao município de Caucaia, no estado do Ceará e foram selecionadas baseado em um estudo realizado por Silva (2021), em que foi feito um estudo comparativo entre antes e depois destas ruas passarem por obras de restauração. No Quadro 11 está apresentado as vias escolhidas, bem como suas delimitações e extensões.

**Quadro 11** - Descrição das vias analisadas em Caucaia-CE

VIA	DIMENSÕES	DELIMITAÇÃO
	(Largura x Extensão)	
Avenida Dom Almeida Lustosa	(8,0m x 200m)	Entre Rua Acapulco e Rua Galiente.
Rua Joaquim Mota	(7,0m x 200m)	Entre Rua Quinze de Outubro e Rua Tobias Correia.
Avenida Joacir Sampaio Pontes	(8,0m x 200m)	Entre Rua Pedro Grosso e Via Estruturante.
Rua Heribaldo Rodrigues	(9,0m x 200m)	Entre Rua Torreon e Rua Padre Alfredo Nesi.
Rua Cruzeiro Velho	(7,0m x 200m)	Entre Rua Manoel Ferreira e Rua José de Pontes.

Fonte: Autor.

As figuras mostram a demarcação dos trechos das vias escolhidas para realização da análise do pavimento.

**Figura 11 - Avenida Dom Almeida Lustosa.**



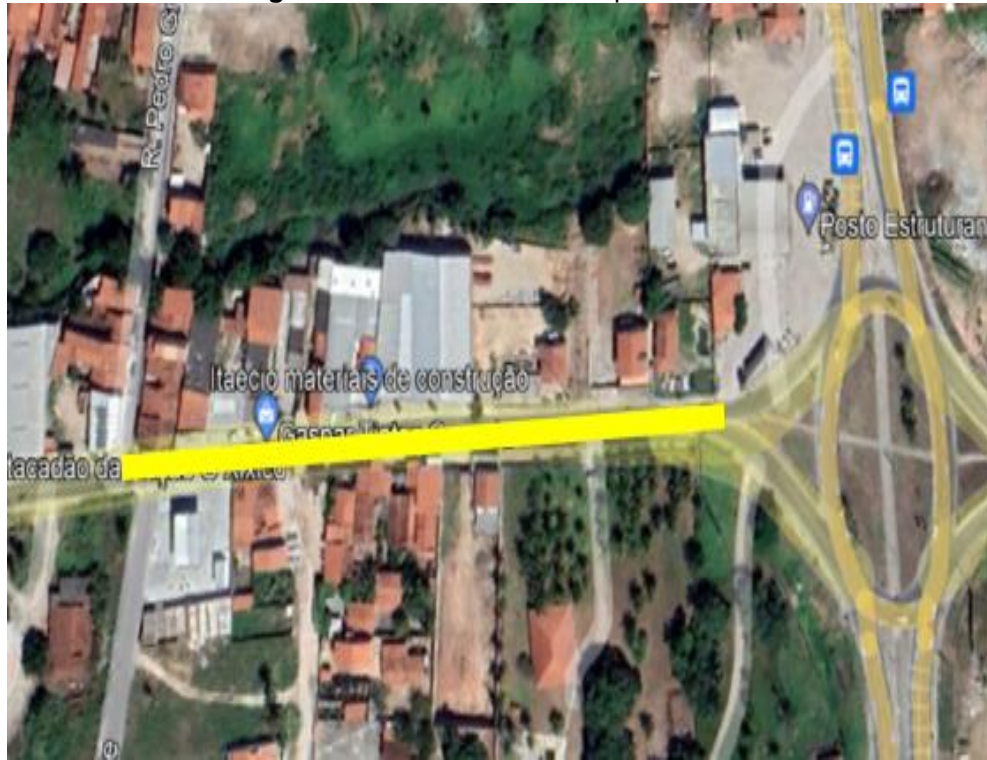
Fonte: Autor.

**Figura 12 - Rua Joaquim Mota**



Fonte: Autor.

**Figura 13 - Avenida Juaci Sampaio Pontes**



Fonte: Autor

**Figura 14 - Rua Heribaldo Rodrigues**



Fonte: Autor

**Figura 15 - Rua Cruzeiro Velho**

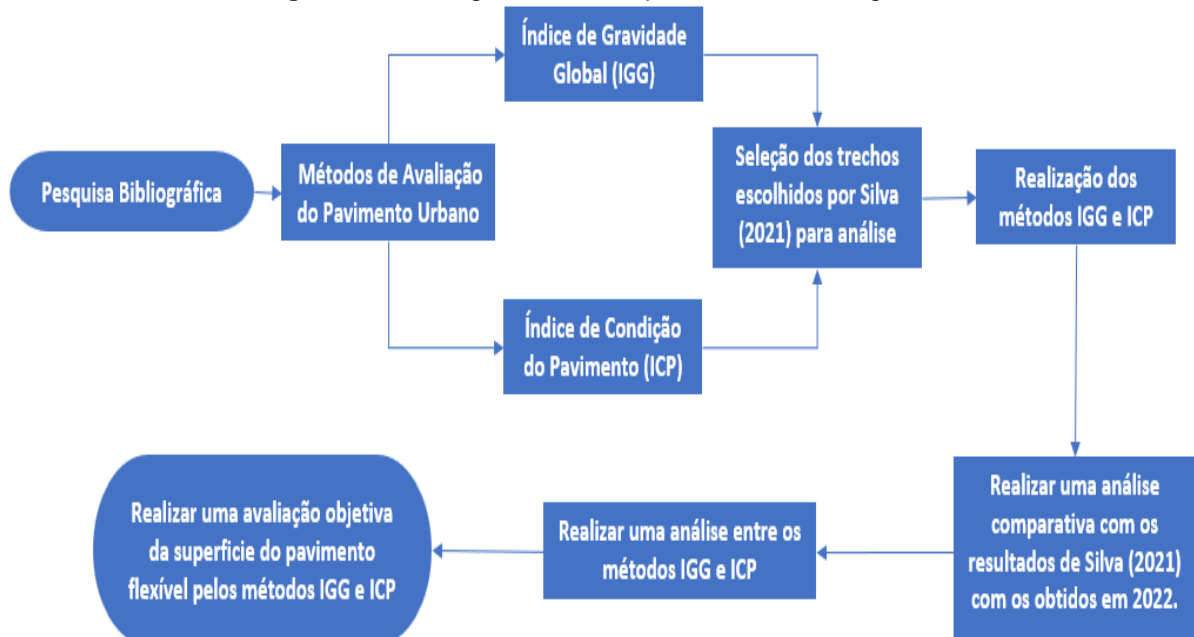


Fonte: Autor.

### 3.5 Fluxograma

Este trabalho foi desenvolvido de acordo com a sequência indicada no fluxograma apresentado na Figura 16.

**Figura 16 - Fluxograma com os passos a serem seguidos**



Fonte: Autor

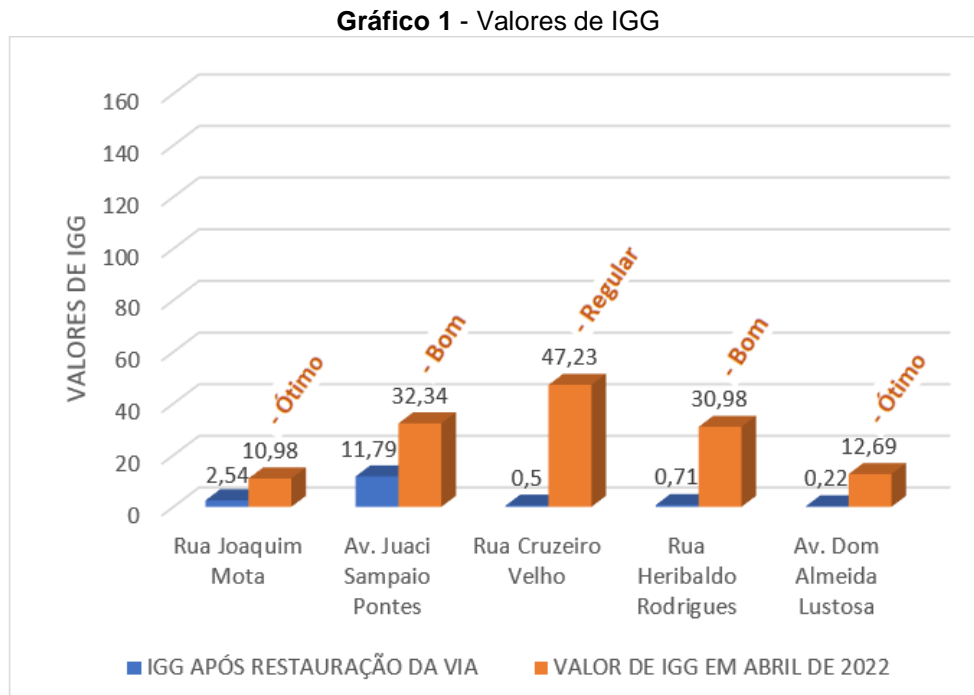
## 4. RESULTADOS

De posse dos resultados levantados, foram feitos os cálculos para a se obter o conceito de degradação do pavimento para o método do Índice de Gravidade Global e para o Índice de Condição do Pavimento.

### 4.1 Análise pelo método do Índice de Gravidade Global

Na aplicação do método IGG, foram verificados os trechos das cinco ruas previstas e obtidos os valores de IGG referentes para cada uma delas. As planilhas utilizadas tanto para a organização do inventário do estado de superfície do pavimento quanto as utilizadas para o cálculo do IGG para cada uma delas se encontram no Apêndice B.

O Gráfico 1 apresenta um comparativo entre os valores obtidos por Silva (2021) no primeiro quadrimestre de 2021, em que as obras de requalificação e reconstrução das vias tinham sido recém finalizadas, e os valores de IGG verificados nos meses de março e abril de 2022.



Fonte: Autor (2022).

O resultado da avaliação da condição do pavimento pelo método IGG classificou a Rua Joaquim Mota e a Avenida Dom Almeida Lustosa com conceito ótimo, para a Avenida Juaci Sampaio Pontes de Rua Heribaldo Rodrigues com conceito bom, e para a Rua Cruzeiro Velho com conceito regular.

Com base nos valores de IGG obtidos pode-se notar que houve um acréscimo significativo nos valores de IGG para as Ruas Cruzeiro Velho, Heribaldo Rodrigues e Av. Juaci Sampaio Pontes, em que foram as únicas que tiveram diminuição do conceito obtido.

Acréscimo esse que pode ser devido à algumas possíveis causas como o subdimensionamento do pavimento, deterioração do sistema de drenagem de águas pluviais como mostra a Figura 19 ou até mesmo devido à escolha do recapeamento asfáltico como método de requalificação escolhido para as Ruas Heribaldo Rodrigues e Cruzeiro Velho.

**Figura 17** - Sarjetas deterioradas (Rua Cruzeiro Velho e Av. Juaci Sampaio Pontes)



Fonte: Autor (2022).

Observou-se também, que devido à forma em que a análise é realizada, muitas vezes defeitos significativos na via não foram considerados no cálculo ou não tiveram sua severidade levada em consideração. Como, por exemplo a Av. Juaci Sampaio Pontes, que obteve valor de IGG inferior à Rua Cruzeiro Velho e semelhante à Rua Heribaldo Rodrigues, e que quando é feito a comparação entre elas, se pode notar que a Avenida Juaci Sampaio Pontes possui uma grande quantidade de defeitos nas primeiras seções do trecho da via que não puderam ser mensurados pelo método escolhido.

Pela Figura 18, é observado um comparativo entre a Avenida Juaci Sampaio Pontes (a) e a Rua Heribaldo Rodrigues (b).



**Figura 18** - Comparativo da Avenida Juaci Sampaio Pontes com a Rua Heribaldo Rodrigues



(a)

(b)

Fonte: Autor (2022).

Defeitos esses que podem ter surgidos na Avenida Juaci Sampaio Pontes devido tanto a defeitos que surgiram no decorrer do tempo, como a defeitos que já existiam e foram agravados, como, por exemplo do remendo que foi realizado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), que ao utilizar massa asfáltica, deu origem a um afundamento plástico local e a uma panela por ter afetado o sistema de drenagem (Figura 19) e de um conjunto de trincas couro de jacaré, sendo verificadas principalmente na seção inicial da via, que podem ter surgido devido à carga exercida pelos veículos de grande porte vindos da Via Estruturante sobre o pavimento como mostra a Figura 20.

**Figura 19** - Antes x Depois - Remendo realizado pela CAGECE.



Fonte: Silva, 2021

Fonte: Autor (2022).

**Figura 20** – Trincas Couro de Jacaré e Tráfego intenso na via.



Fonte: Autor (2022).

Em relação à Rua Heribaldo Rodrigues, mesmo estando entre as três vias com o maior valor de IGG calculado, não possui uma grande quantidade de defeitos, apresentando seus principais defeitos em locais onde houveram interferência da CAGECE, que ao realizar o corte do pavimento asfáltico para a ligação de água ou esgoto de determinadas residências e em seguida a utilização de massa asfáltica de baixa capacidade de suporte e que não é feito um controle tecnológico para o remendo, cria uma região de fragilidade na estrutura, onde surgem principalmente panelas e ondulações como mostra a Figura 21 (a) e (b).

**Figura 21** – Principais defeitos encontrados na Rua Heribaldo Rodrigues.



(a)

(b)

Fonte: Autor (2022).

Já para a Rua Cruzeiro Velho, mesmo possuindo aparentemente uma boa condição de pavimento como mostra a Figura 22, teve o maior valor de IGG calculado

e conceito regular, observou-se que os principais defeitos encontrados foram painelas, remendos e trincas transversais curtas. Defeitos esses que podem ter se originado por diversas causas como a má dosagem do asfalto e falha na compactação, que em conjunto com o método de requalificação escolhida o, recapeamento, que podem ser a causa das trincas transversais curtas ou pela deterioração do sistema de drenagem superficial, já que as sarjetas se encontram em péssimo estado e em alguns trechos, inexistente, causando a infiltração de água nas camadas de base do pavimento e favorecendo o surgimento de painelas no eixo da pista como mostra a figura 23.

**Figura 22** – Rua Cruzeiro Velho



Fonte: Autor (2022).

**Figura 23** – Painelas encontradas no eixo da pista.



Fonte: Autor (2022).

Para esses defeitos a principal alternativa de manutenção seria a realização do selamento de trincas caso a quantidade de trincas fosse significativa, e o remendo nos lugares em que se encontram as painelas, onde mesmo sendo

considerado um defeito no pavimento, possui menor fator de ponderação no cálculo do IGG e assim podendo obter um melhor conceito.

#### 4.2 Análise pelo método do Índice de Condição do Pavimento

Para a análise pelo método do Índice de Condição do Pavimento também foram verificados os trechos das cinco ruas previstas, onde todas elas foram divididas em nove unidades de amostra (UA) com 20 metros de comprimento cada e largura a depender da via.

Com isso pode-se obter o valor de ICP para cada UA e assim determinar o valor de ICP médio para os trechos verificados, gerando os Quadros 12,13,14,15 e 16.

**Quadro 12 - ICP – Avenida Juaci Sampaio Pontes**

ICP - AVENIDA JUACI SAMPAIO PONTES								
UA	DEFEITO	SEVERIDADE	MEDIDA	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO UNITÁRIO (VDU)	VALOR DEDUZIDO TOTAL	VALOR DEDUZIDO CORRIGIDO (VDC)	ICP <sub>UA</sub>
1	Trinca Couro de Jacaré	M	6,71	4,2	38	110	67	33
	Trinca Couro de Jacaré	A	3,68	2,3	44			
	Panela	M	1	0,6	28			
2	Remendo	M	18,6	11,6	46	54	40	60
	Trinca Longitudinal	M	1,5	0,9	8			
3	Panela	A	1	0,6	48	61	45	55
	Trinca Transversal Curta	B	0,8	0,5	0,5			
	Trinca Couro de Jacaré	M	0,44	0,3	12			
4	Nenhuma	-	-	0	0	0	0	100
5	Trinca Couro de Jacaré	B	0,45	0,3	6	20	15	85
	Recalque	B	4	2,5	14			
6	Trinca Longitudinal	B	1,25	0,8	1	1	0	100
7	Trinca Longitudinal	M	1,9	1,2	10	10	10	90
8	Recalque	B	0,8	0,5	4	5	0	100
	Trinca Longitudinal	B	1,2	0,8	1			
9	Nenhuma	-	-	0	0	0	0	100
<b>ICP<sub>TOTAL</sub> =</b>								<b>80</b>

Fonte: Autor (2022).

**Quadro 13 - ICP – Rua Heribaldo Rodrigues**

ICP - RUA HERIBALDO RODRIGUES								
UA	DEFEITO	SEVERIDADE	MEDIDA	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO UNITÁRIO (VDU)	VALOR DEDUZIDO TOTAL	VALOR DEDUZIDO CORRIGIDO (VDC)	ICP <sub>UA</sub>
1	Panela	M	1	0,6	25	71	51	49
	Panela	A	1	0,6	44			
	Ondulação	B	1,3	0,7	2			
2	Ondulação	B	0,5	0,3	1	1	0	100
3	Ondulação	B	0,5	0,3	1	1	0	100
4	Nenhuma	-	0	0	0	0	0	100
5	Ondulação	B	0,5	0,3	1	1	0	100
6	Ondulação	B	0,5	0,3	1	1	0	100
7	Nenhuma	-	0	0	0	0	0	100
8	Nenhuma	-	0	0	0	0	0	100
9	Nenhuma	-	0	0	0	0	0	100
<b>ICP<sub>TOTAL</sub> =</b>								<b>95</b>

Fonte: Autor (2022).

**Quadro 14 - ICP – Rua Joaquim Mota**

ICP - RUA JOAQUIM MOTA								
UA	DEFEITO	SEVERIDADE	MEDIDA	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO UNITÁRIO (VDU)	VALOR DEDUZIDO TOTAL	VALOR DEDUZIDO CORRIGIDO (VDC)	ICP <sub>UA</sub>
1	Afundamento Localizado	B	0,36	0,3	4	4	0	100
2	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
3	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
4	Ondulação	M	0,48	0,3	0	0	0	100
5	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
6	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
7	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
8	Afundamento localizado	M	5,4	3,9	15	15	15	85
9	Panela	A	1	0,7	48	52	52	48
<b>ICP<sub>TOTAL</sub> =</b>								<b>93</b>

Fonte: Autor (2022).

**Quadro 15 - ICP – Avenida Dom Almeida Lustosa**

ICP - AVENIDA DOM ALMEIDA LUSTOSA								
UA	DEFEITO	SEVERIDADE	MEDIDA	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO UNITÁRIO (VDU)	VALOR DEDUZIDO TOTAL	VALOR DEDUZIDO CORRIGIDO (VDC)	ICP <sub>UA</sub>
1	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
2	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
3	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
4	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
5	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
6	Remendo	B	15,73	9,8	16	16	16	84
7	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
8	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
9	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
<b>ICP<sub>TOTAL</sub> =</b>								<b>98</b>

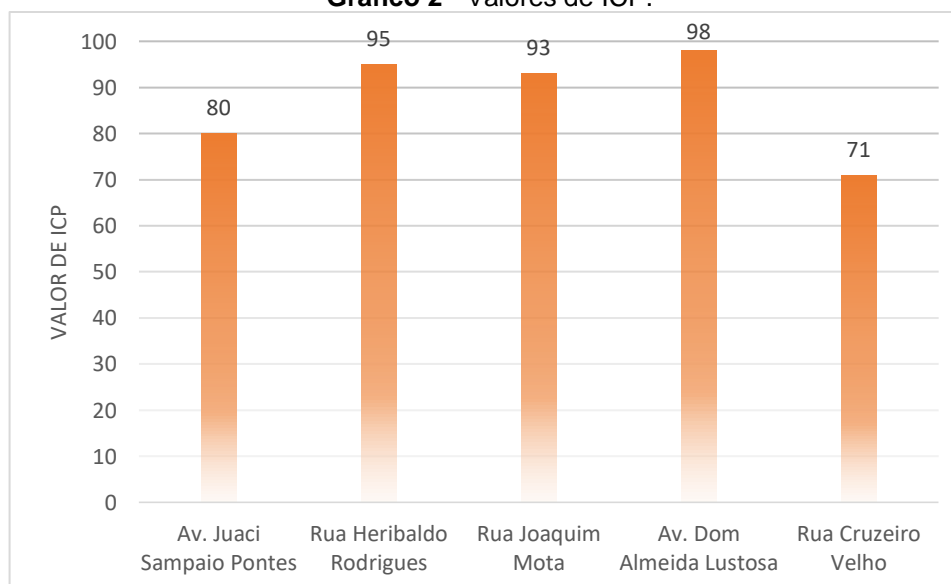
Fonte: Autor (2022).

**Quadro 16 - ICP – Rua Cruzeiro Velho**

ICP - RUA CRUZEIRO VELHO								
UA	DEFEITO	SEVERIDADE	MEDIDA	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO UNITÁRIO (VDU)	VALOR DEDUZIDO TOTAL	VALOR DEDUZIDO CORRIGIDO (VDC)	ICP <sub>UA</sub>
1	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
2	Panela	A	1	0,7	100	100	100	0
3	Panela	B	1	0,7	52	52	52	48
4	Trinca Transversal	B	1,05	0,75	1	1	0	100
5	Remendo	B	2,16	1,5	3	3	0	100
6	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
7	Nenhuma	-	-	-	0	0	0	100
8	Remendo	B	3,06	2,2	6	6	6	94
9	Trinca Transversal	B	0,55	0,4	0	100	100	0
	Panela	A	1	0,7	100			
<b>ICP<sub>TOTAL</sub> =</b>								<b>71</b>

Fonte: Autor (2022).

Como para a análise do PCI todas as UA disponíveis nos trechos foram utilizadas, todos os defeitos da via puderam ser verificados e consideradas para o cálculo do índice, trazendo assim consigo uma representação fiel do real estado de condição do pavimento apresentado no momento em que foi realizado. O Gráfico 2 apresenta de forma simplificada os valores de ICP obtidos para cada uma das vias.

**Gráfico 2 - Valores de ICP.**

Fonte: Autor (2022).

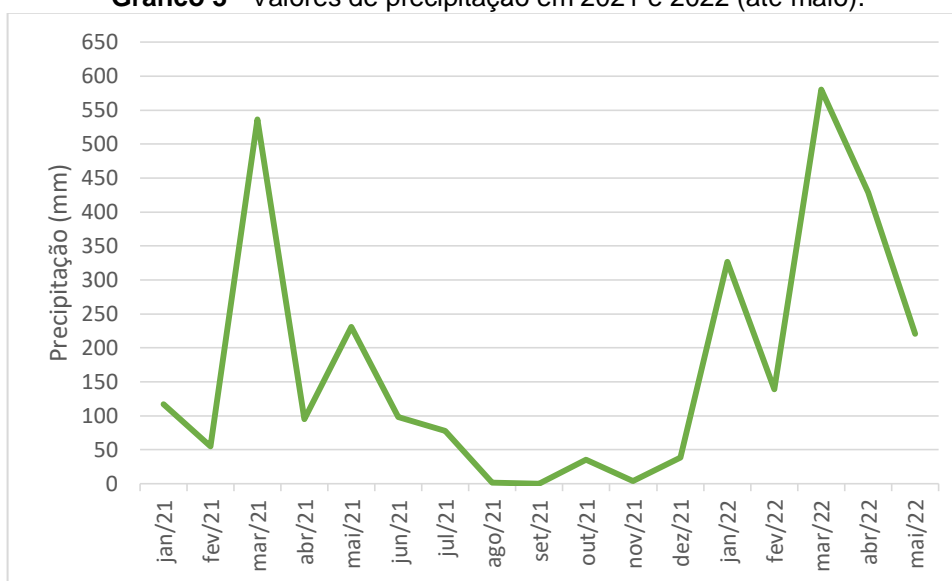
Assim podendo classificar a condição do pavimento das Ruas Heribaldo Rodrigues, Joaquim Mota e a Avenida Dom Almeida Lustosa como excelente e a Avenida Juaci Sampaio Pontes e Rua Cruzeiro Velho como Muito Bom.

Com base nisso pode-se notar que apenas duas vias não obtiveram conceito excelente pelo método proposto, que foram a Avenida Juaci Sampaio Pontes e a Rua Cruzeiro velho e no que diz respeito aos tipos de defeitos encontrados, destacou-se a presença de painéis próximo às sarjetas na Rua Cruzeiro Velho, que

a levaram a ter o menor valor de ICP dentre as vias analisadas, e uma grande extensão de trincas couro de jacaré e remendos na Avenida Juaci Sampaio Pontes. Defeitos que podem ter origem devido a diversas razões já citadas que associados com o elevado índice de chuvas obtido em 2022 resultaram no surgimento e o aumento da severidade desses defeitos.

Onde segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), para o município de Caucaia, os meses de março, abril e maio de 2022, obtiveram juntos 1.230 mm de precipitação, o que equivaleu a quase todo o nível de precipitação anual obtido em 2021, que foi de 1.289,7 mm. O Gráfico 3 apresenta o aumento do nível de precipitação no ano de 2022.

**Gráfico 3** - Valores de precipitação em 2021 e 2022 (até maio).



Fonte: Autor (2022).

Entretanto, a maioria dos defeitos encontrados na Rua Cruzeiro Velho e a Avenida Juaci Sampaio Pontes podem ser amenizados com a realização de medidas de recuperação da via. Onde foi escolhido pela construtora responsável pela execução e manutenção do pavimento a realização de remendos em toda a extensão da via em que possuía trincas couro de jacaré, painelas e remendos antigos como mostra a Figura 24 para a Avenida Juaci Sampaio Pontes e a Figura 25 para a Rua Cruzeiro Velho.

**Figura 24** – Execução de remendos em andamento na Av. Juaci Sampaio Pontes.



Fonte: Autor (2022).

**Figura 25** – Remendo realizado em panela na Rua Cruzeiro Velho (Antes x Depois).



Fonte: Autor (2022).

Por fim, de posse dos valores e conceitos obtidos por ambos os métodos de análise da superfície do pavimento IGG e ICP, foi elaborado uma tabela resumo (Tabela 4) onde é feito uma análise qualitativa desses valores.

**Tabela 4** - Análise quantitativa dos valores de IGG e ICP

VIAS	VALORES E CONCEITO OBTIDO (IGG)		VALORES E CONCEITO OBTIDO (ICP)	
	Valor	Conceito	Valor	Conceito
Av. Dom Almeida Lustosa	12,69	ÓTIMO	98	EXCELENTE
Av. Juaci Sampaio Pontes	32,34	BOM	80	MUITO BOM
Rua Cruzeiro	47,23	REGULAR	71	MUITO BOM
Rua Heribaldo Rodrigues	30,98	BOM	95	EXCELENTE
Rua Joaquim Mota	10,98	ÓTIMO	93	EXCELENTE

Fonte: Autor (2022).



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, para os trechos escolhidos de 200 metros em cada uma das cinco vias, ambos os métodos atribuíram classificação semelhantes para todas as vias, com exceção para a Rua Heribaldo Rodrigues e Cruzeiro Velho que tiveram classificação bom e regular para o IGG, e excelente e muito bom para o ICP, respectivamente.

Essa diferença de resultados entre os dois métodos para as Ruas Heribaldo Rodrigues e Cruzeiro Velho, se deu principalmente devido ao fator de ponderação atribuído para os principais defeitos encontrados em ambas as vias (painelas e remendos) sem que seja considerado a extensão, severidade e quantidade dos defeitos encontrados, fazendo com que o método do ICP reflita melhor a situação real da via por ter sido verificado toda a extensão da via, enquanto pelo método IGG foram avaliadas somente a área das estações determinadas.

Para a Avenida Juaci Sampaio Pontes esperava-se que esta tivesse uma maior diferença entre os conceitos obtidos entre os dois métodos, por conta da elevada quantidade e severidade de defeitos encontrados na primeira seção analisada da via, que ao utilizar o método IGG parte deles não seriam considerados devido a metodologia utilizada em que avalia somente uma área de 6m de extensão pela largura da faixa a cada 40 metros.

Entretanto o resultado obtido pelos dois métodos foi semelhante, isso devido a maioria dos defeitos estarem concentrados em aproximadamente 30% da via e os outros 70% estarem em bom estado, fazendo assim com que ao ser calculado o ICP para cada UA, o valor obtido com as três primeiras UA apresentem um baixo índice e as outras seis, elevado, e que ao final, quando realizado a média para se obter o valor de ICP total para a via, as UA com baixo valor não se tornaram expressivas devido a quantidade de UA com valores altos.

Portanto, pode-se observar que ao realizar a análise do pavimento pelo método do Índice de Condição do Pavimento em trechos curtos como os realizados na análise e utilizando todas as unidades de amostra disponíveis, se obtém um resultado que mais reflete a situação real da via, enquanto a análise pelo método do Índice de Gravidade Global se destaca pela sua praticidade de ser executada, entretanto em trechos extensos se torna inviável pela necessidade de medir trechos de 20 metros para definir as estações.

Em pesquisas futuras, pode-se realizar a análise da condição do pavimento para trechos extensos por meio de alternativas automatizadas, como pela análise de defeitos por processamento digital de imagens e também a utilização do ICP, onde em trechos extensos, seria necessário a determinação do número mínimo de unidades de amostra e a seleção aleatória para determinação do índice.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Fred Digiacomo *et al.* **Avaliação funcional e estrutural do pavimento flexível no segmento monitorado de Itapoá.** 2017.
- ALBUQUERQUE, Tairone Paz *et al.* **Índice de condição baseado em defeitos superficiais para gerência de pavimentos urbanos.** 2017.
- ASTM, D. **Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys.** 2011.
- BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro, Brasil: Petrobras, 2010.
- BERTOLLO, Sandra Aparecida Margarido. **Considerações sobre a gerência de pavimentos urbanos em nível de rede.** 1997. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CEARÁ, Superintendência de Obras Públicas. **Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias, pavimentação, SOP/CE, 2019.**
- CNT, Pesquisa CNT de rodovias, 2019. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencial>. Acesso em: 29 de agosto de 2021.
- CNT, Pesquisa CNT de rodovias, 2021. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/imprensa> Acesso em: 20 de dezembro de 2021.
- DA SILVA, Karen Amanda Barbosa *et al.* Avaliação de Pavimentos: Escala Visual Versus Pavement Condition Index. **REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA**, v. 12, n. 1, 2020.
- DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre.** 2004.
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Instrução de Serviço/DG nº 13, de 04 de novembro de 2013.** Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/central-de-conteudos/instrucoes-normativas/instrucoes-de-servicos/instrucoes-de-servico-por-ano/2013/>>. Acesso em: 07 de novembro de 2021.
- DNIT. Norma DNIT - ES 031. Manual de Pavimentação. Rio de Janeiro, 2006. 95 p.
- DNIT. Norma DNIT 006/2003-PRO- Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.** Rio de Janeiro, 2003.
- ECHEVERRIA, José Antonio Santana. **Avaliação do efeito de restaurações com fresagem e recapeamento nas condições funcional e estrutural de pavimentos com volume de tráfego médio.** 2011.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Postos Pluviométricos**. Disponível em: [http://www.funceme.br/?page\\_id=2694](http://www.funceme.br/?page_id=2694) . Acesso em: 01 de junho de 2022.

GONÇALVES, Fernando Pugliero. O desempenho dos pavimentos flexíveis. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre-RS, 1999.

HAAS, R.; HUDSON, W.R; ZANIEWSKI, J. (1994). Modern Pavement Management. Krieger Publishing Co. Malamar, Florida.

LIMA, J. P.; RAMOS, Rui AR; FERNANDES JUNIOR, José Leomar. A prática de gestão de pavimentos em cidades médias brasileiras. 2006.

MARTINS, Renata Brabo Barra *et al.* ANÁLISE DA MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS URBANOS: UMA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 13, n. 25, p. 22-39, 2021.

MINHOTO, Manuel JC. Consideração da temperatura no comportamento à reflexão de fendas dos reforços de pavimentos rodoviários flexíveis. 2007.

MORAIS, Hermínia. Estudo da fundação dum pavimento rodoviário flexível. 2011. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão.

PÁEZ, Edgar Misael Arévalo; LOPES, Simone Becker; FERNANDES JR, J. L. Índice de Condição do Pavimento para Aplicação em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos. In: **Anais do XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET)**. 2015. p. 101-112.

PANTIGOSO, José Francisco Gomez. **Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços Públicos**. 1998. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado-Escola de Engenharia de São Carlos–USP.

PIRES, Cecília Arcoverde Bezerra. Considerações sobre métodos de avaliação subjetiva e objetiva de pavimentos urbanos: o caso de Valparaíso de Goiás-GO. 2019.

PRESTES, Marilez Pôrto. Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis: um estudo comparativo. 2001.

RIO DE JANEIRO, Tribunal de Contas o Estado do Rio de Janeiro. **Manual de Boas Práticas de Obras de Pavimentação**, TCE/RJ, 2019.

Rodrigues, JM, coordenador. Mapa da motorização individual no Brasil: relatório 2019. Rio de Janeiro: UFRJ; 2017.

SHAHIN, Mohamed Y.; KOHN, Starr D. **Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets, and Parking Lots. Volume I. Conditions Rating Procedure.** CONSTRUCTION ENGINEERING RESEARCH LAB (ARMY) CHAMPAIGN IL, 1979.

Silva, H. 2005. Caracterização do Mastique Betuminoso e da Ligação Agregado-Mastique: Contribuição para o estudo do comportamento das misturas betuminosas. Tese submetida para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil no ramo de Vias de Comunicação pela Universidade do Minho : Guimarães, 2005.

SILVA, Jhenifer de Paula da. Aplicação do método do IGG-Índice de Gravidade Global em comparação com o método do PCI-Pavement Condition Index para determinação de serviços de restauração e manutenção em um trecho da Avenida Tupi de Pato Branco-PR. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, Sandy Oliveira da. Avaliação funcional de vias urbanas por meio do Índice de Gravidade Global (IGG). Estudo de caso: município de Caucaia-CE. 2021.

SONCIM, Sérgio Pacífico; FERNANDES, José Leomar. Modelo de previsão do índice de condição dos pavimentos flexíveis. **Journal of Transport Literature**, v. 9, p. 25-29, 2015.

SUCUPIRA, Marcos Lima Leandro. Aplicação e adaptação da metodologia paver para pavimentos urbanos do Campus do Pici na cidade de Fortaleza. 2006.

TAVAKOLI, A; LAPIN, M. S.; FIGUEROA, J.L. (1992) PMSC: Pavement Management System for Small Communities. *Journal of Transportation Engineering*. Vol. 118, n.2, p.270-280.

TULLIO, Franciele Braga Machado; MACHADO, Lucio Mauro Braga. A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 4. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

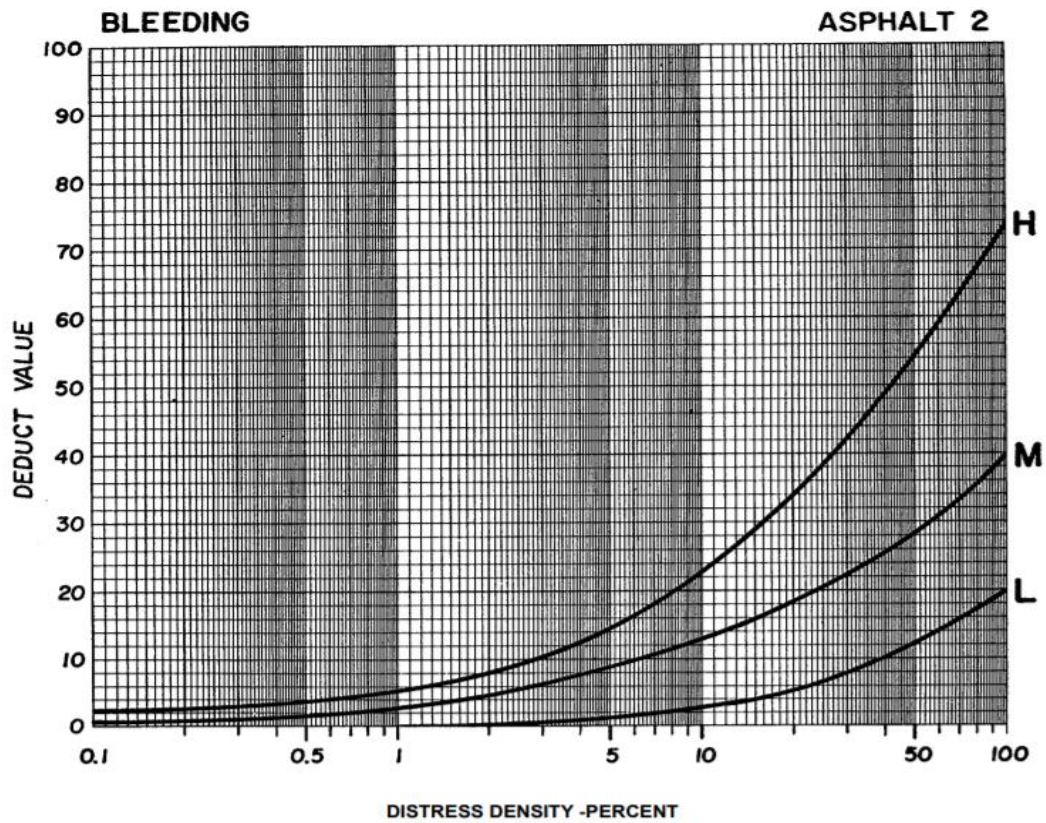
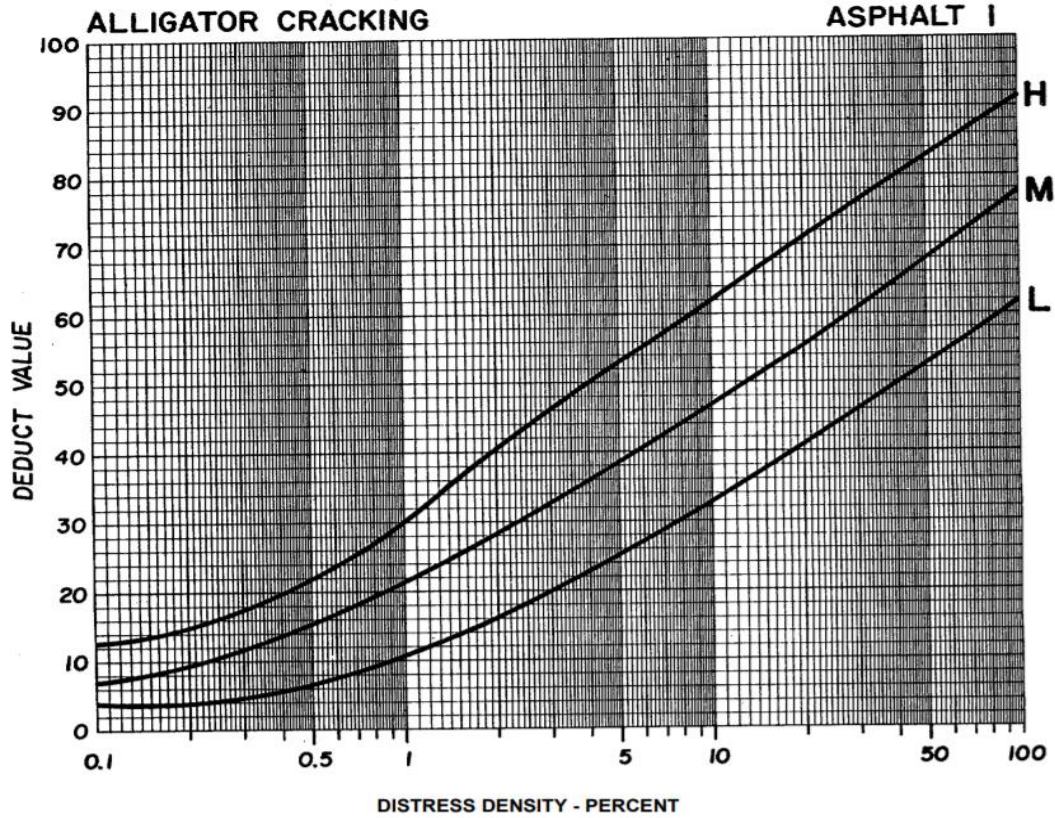
VIEIRA, Suyanne Alves *et al.* Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e PCI. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 3, p. 20-30, 2016.

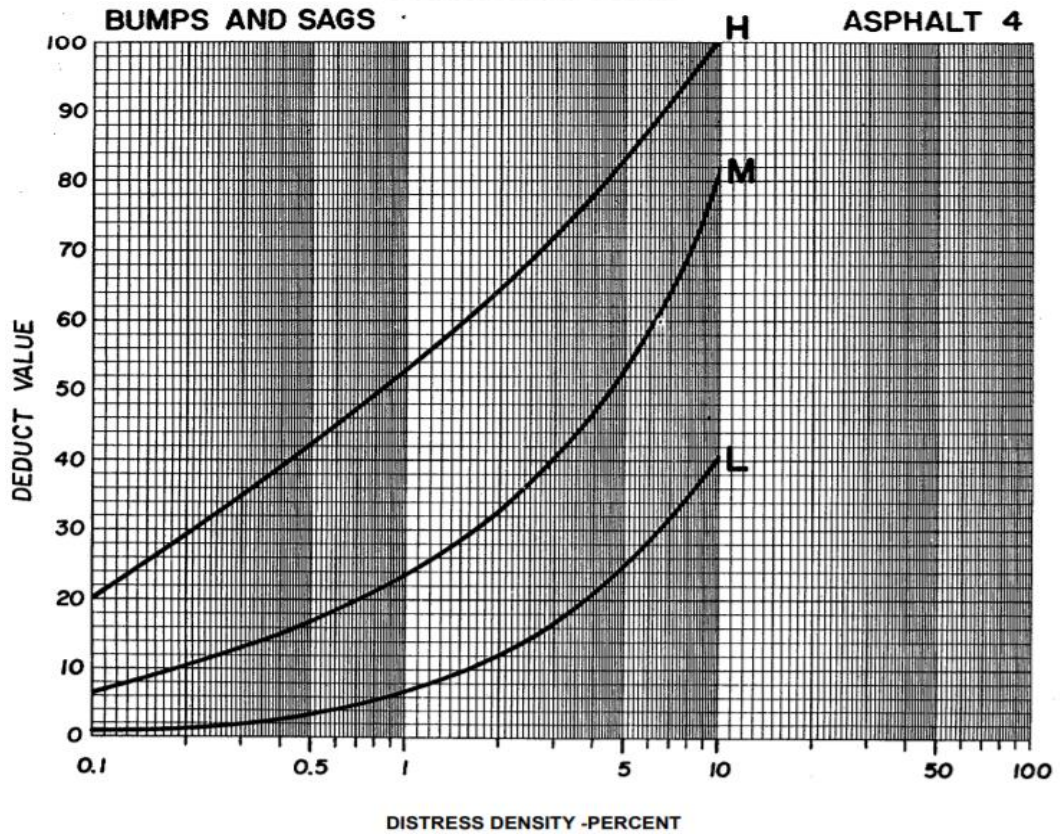
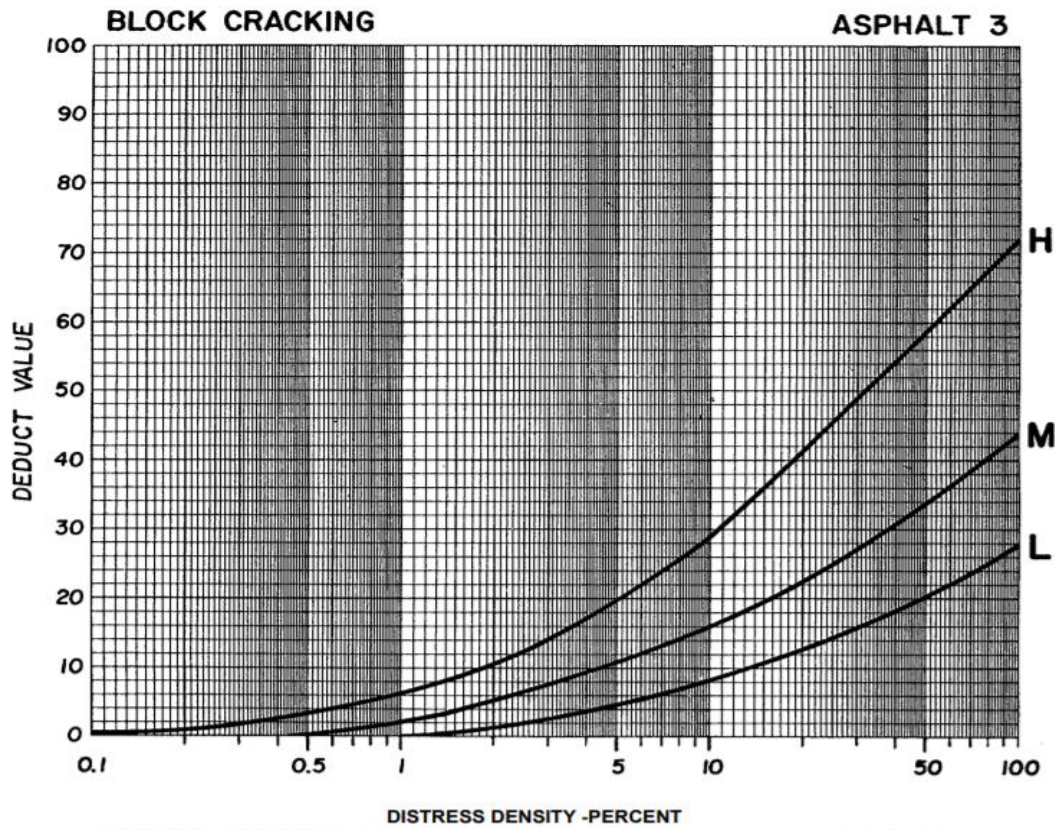
ZANCHETTA, Fábio. **Sistema de gerência de pavimentos urbanos: avaliação de campo, modelo de desempenho e análise econômica.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2017.

ZERBINI, Luiz Francisco. **Desenvolvimento de modelos de desempenho para utilização em sistemas de gerência de pavimentos urbanos.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1999.

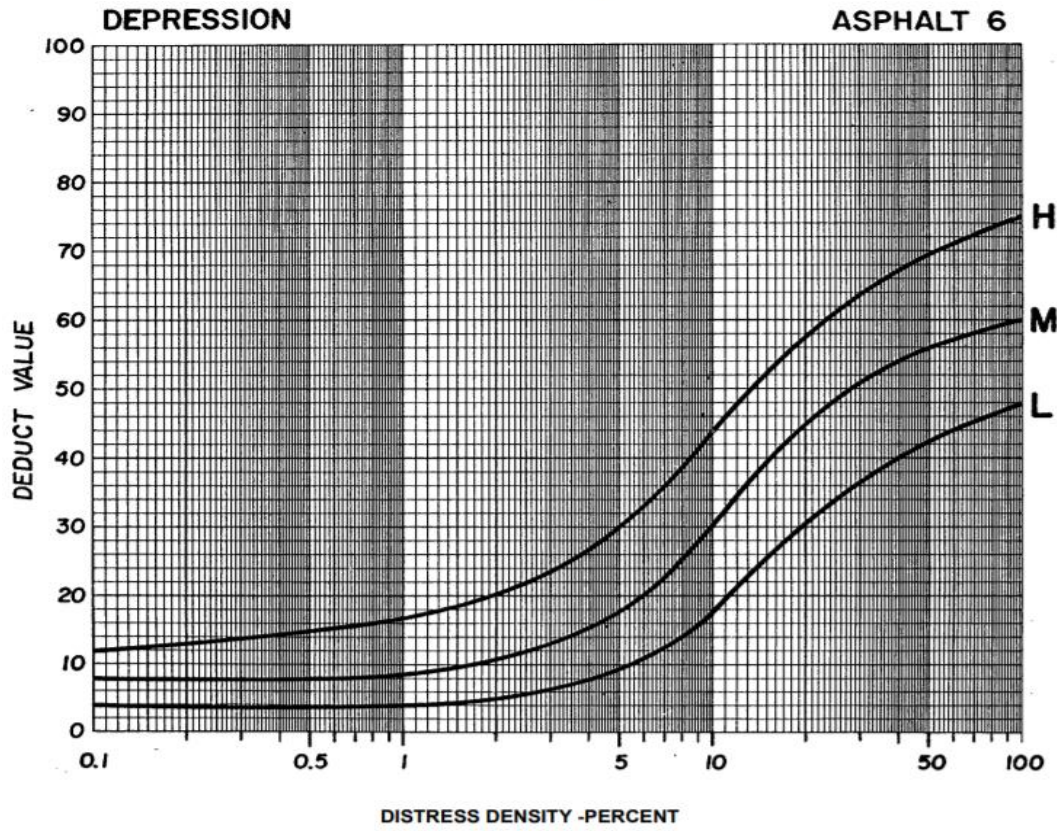
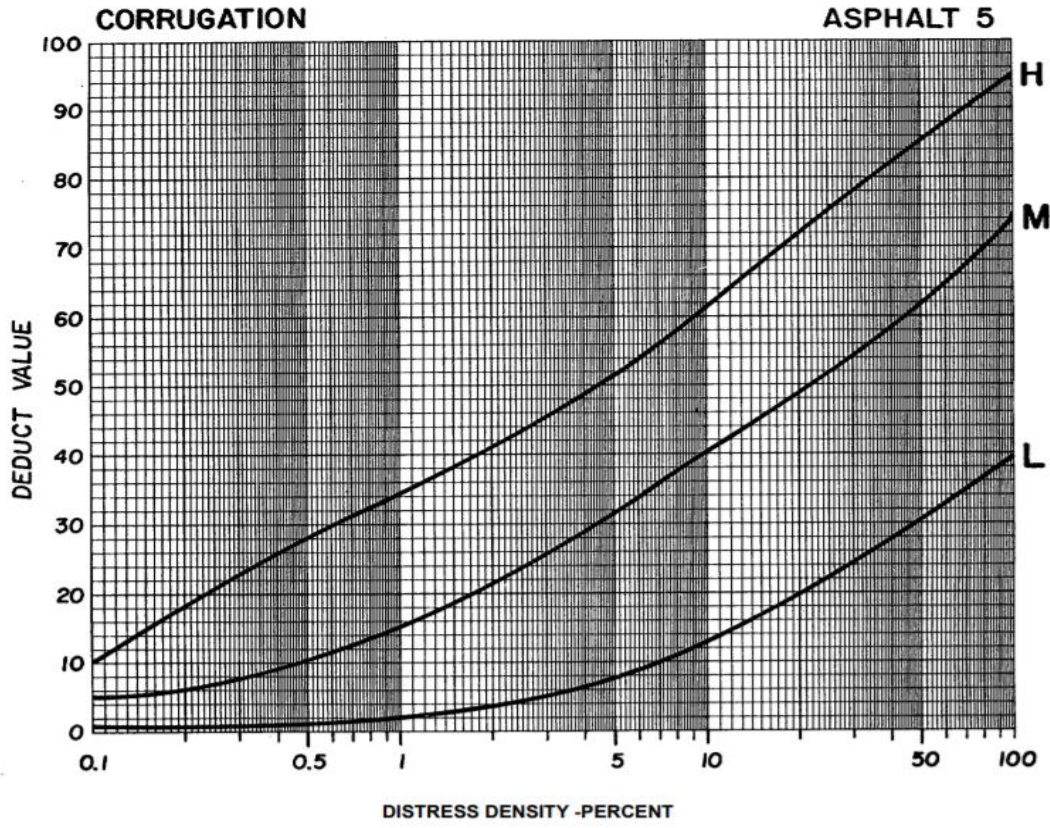
## APÊNDICE A – ÁBACOS

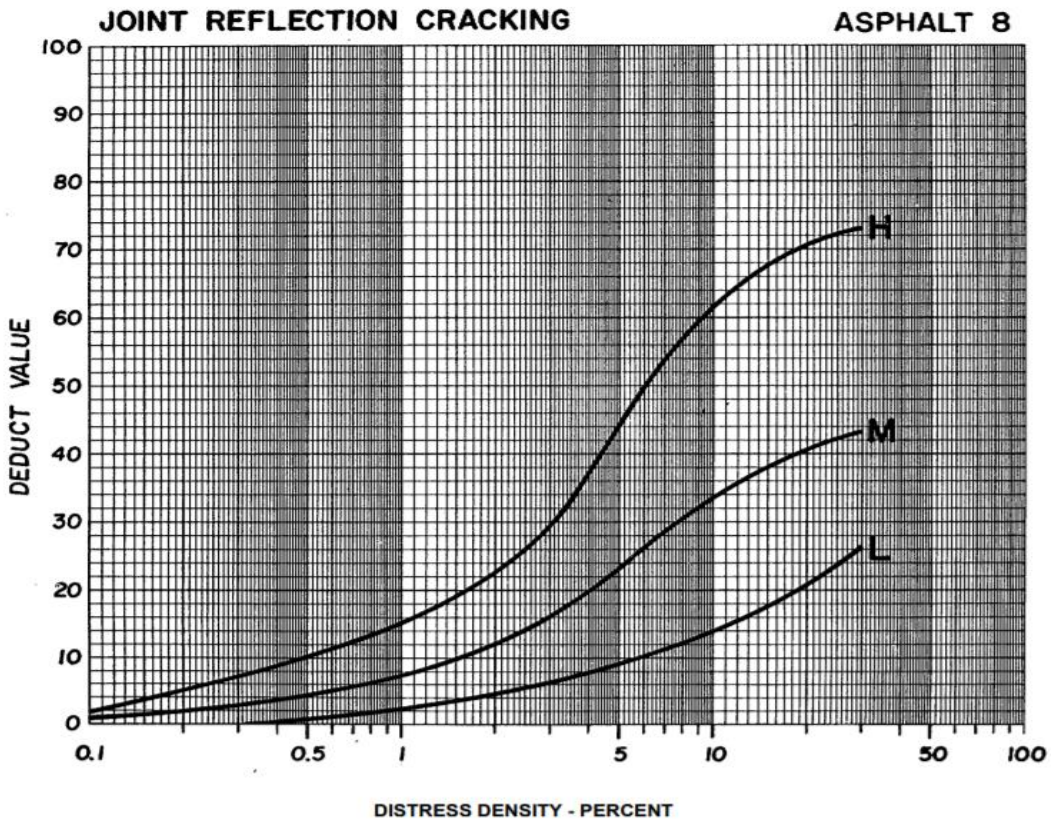
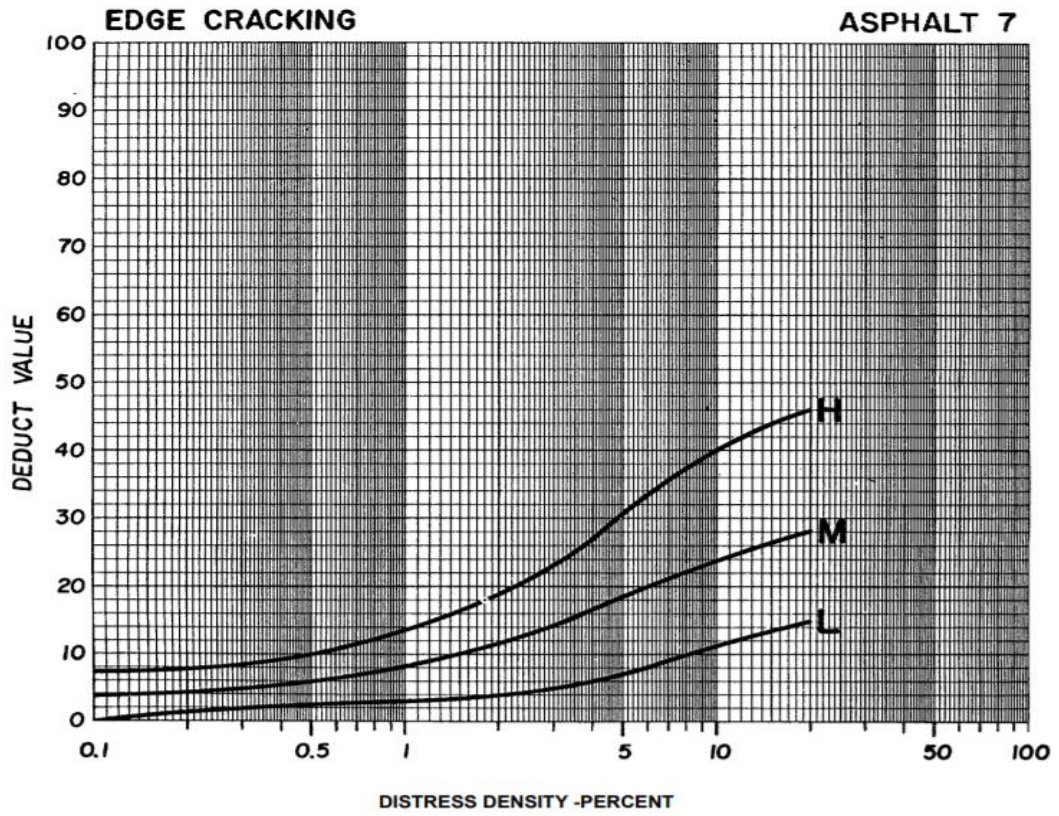
Valores Deduzidos para os defeitos dos pavimentos asfálticos

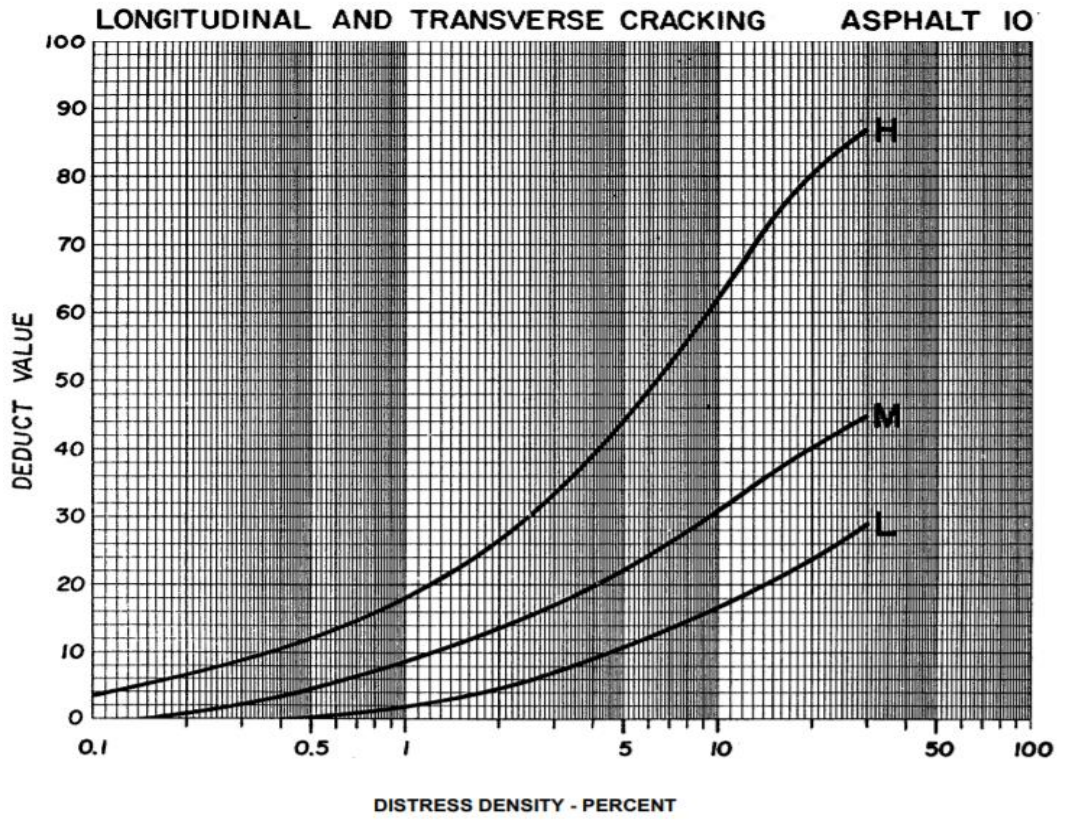
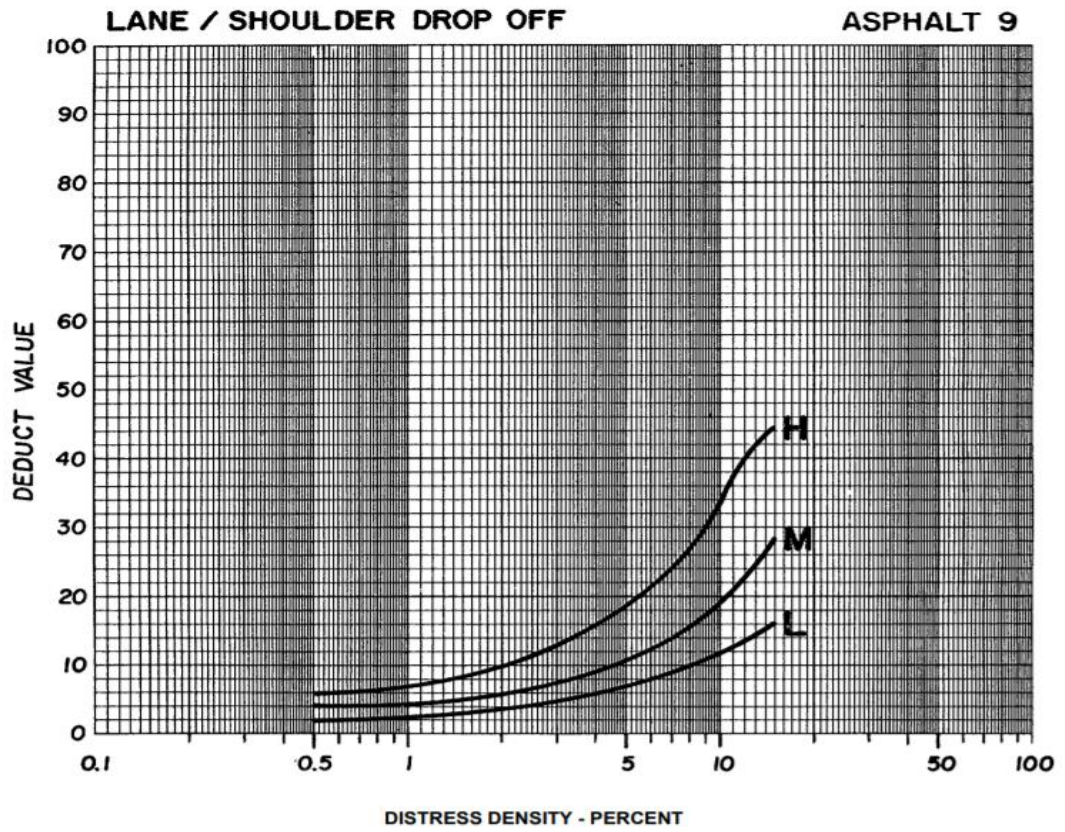


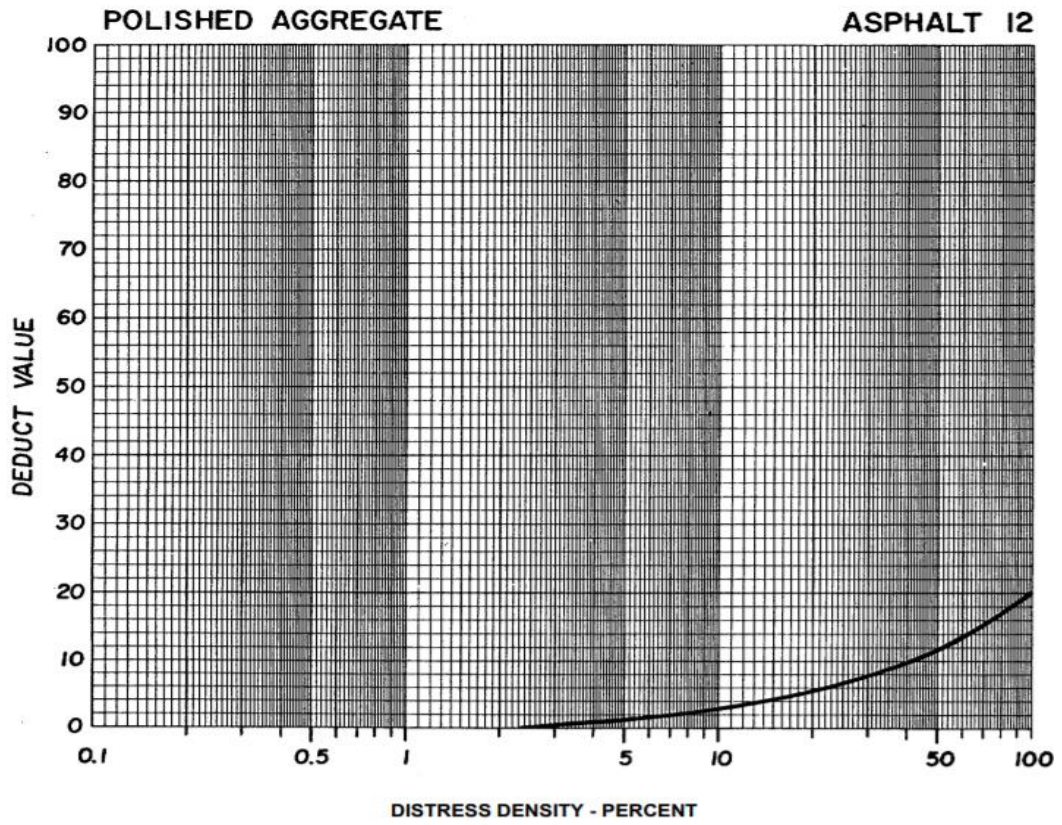
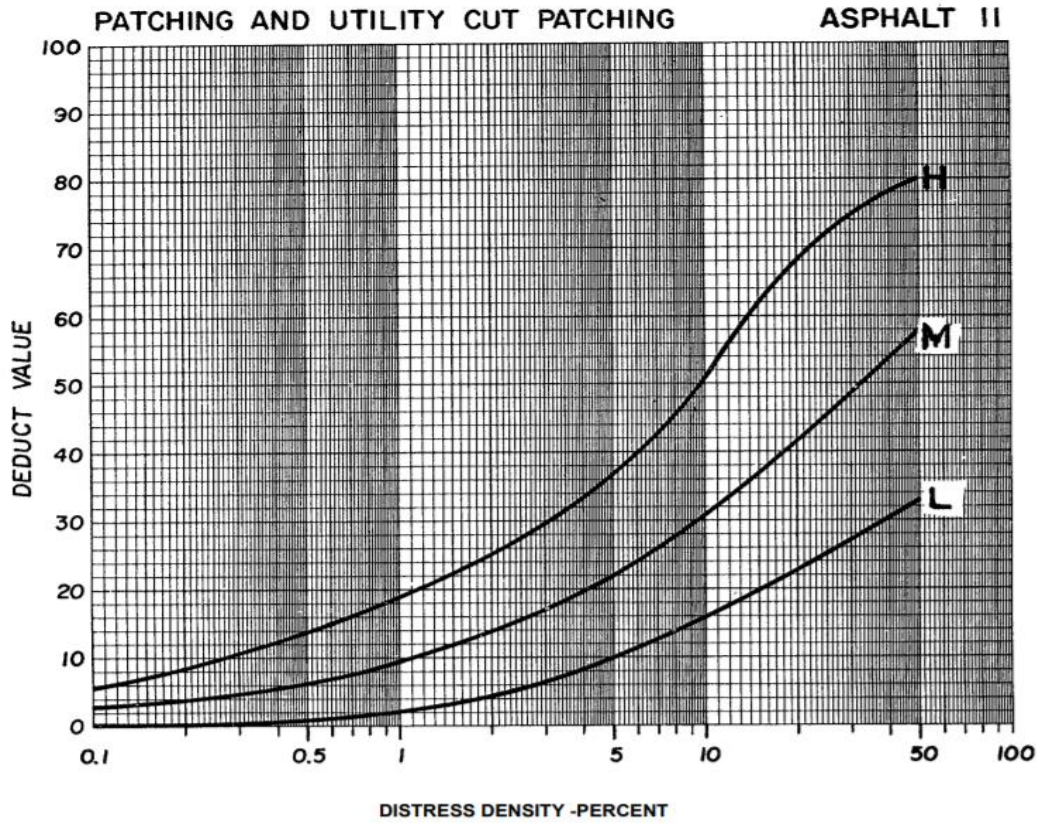


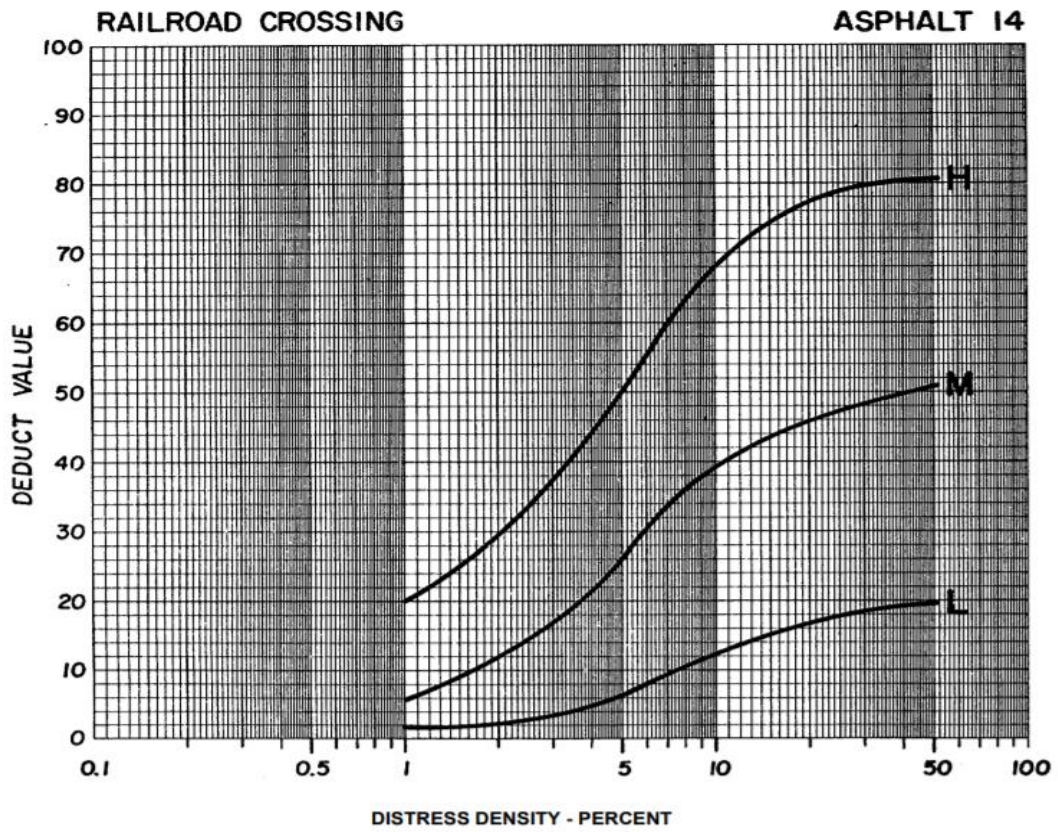
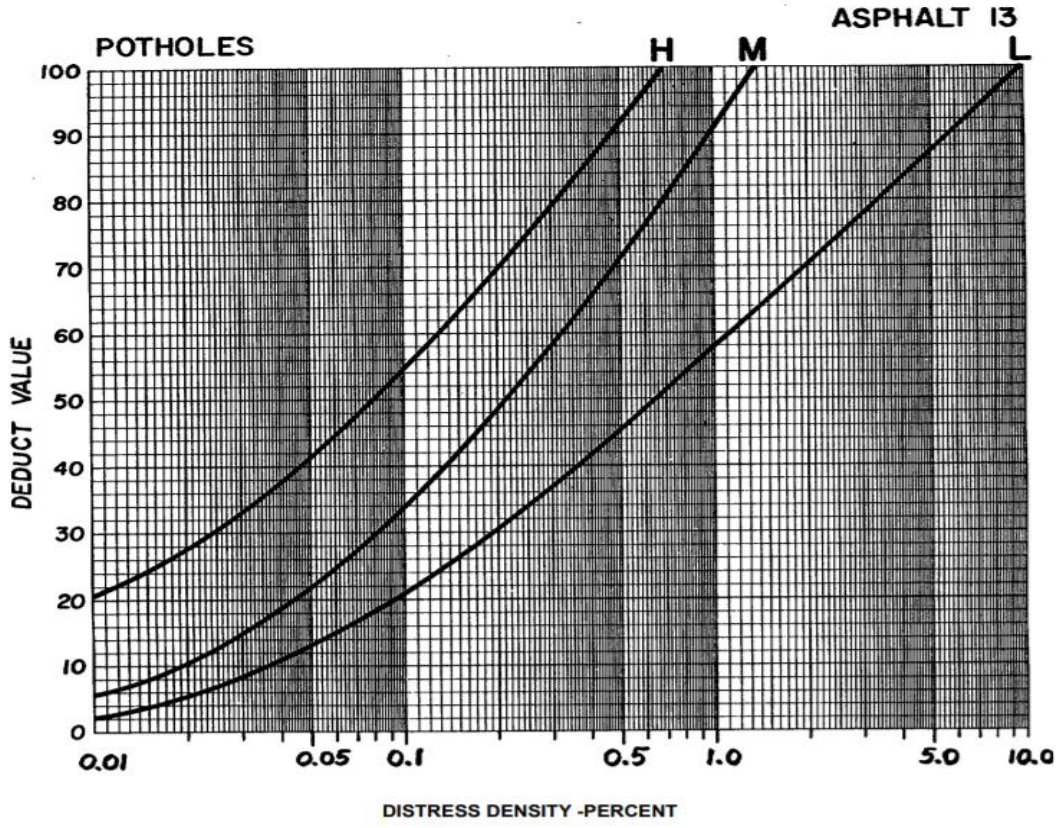


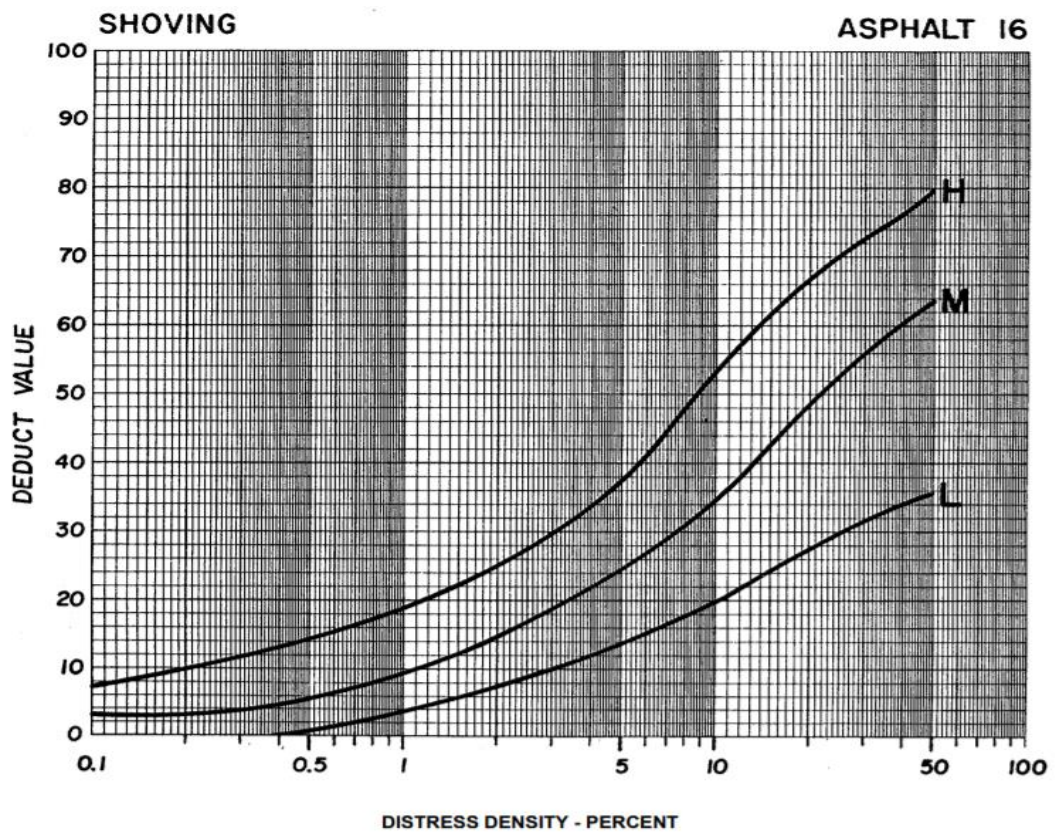
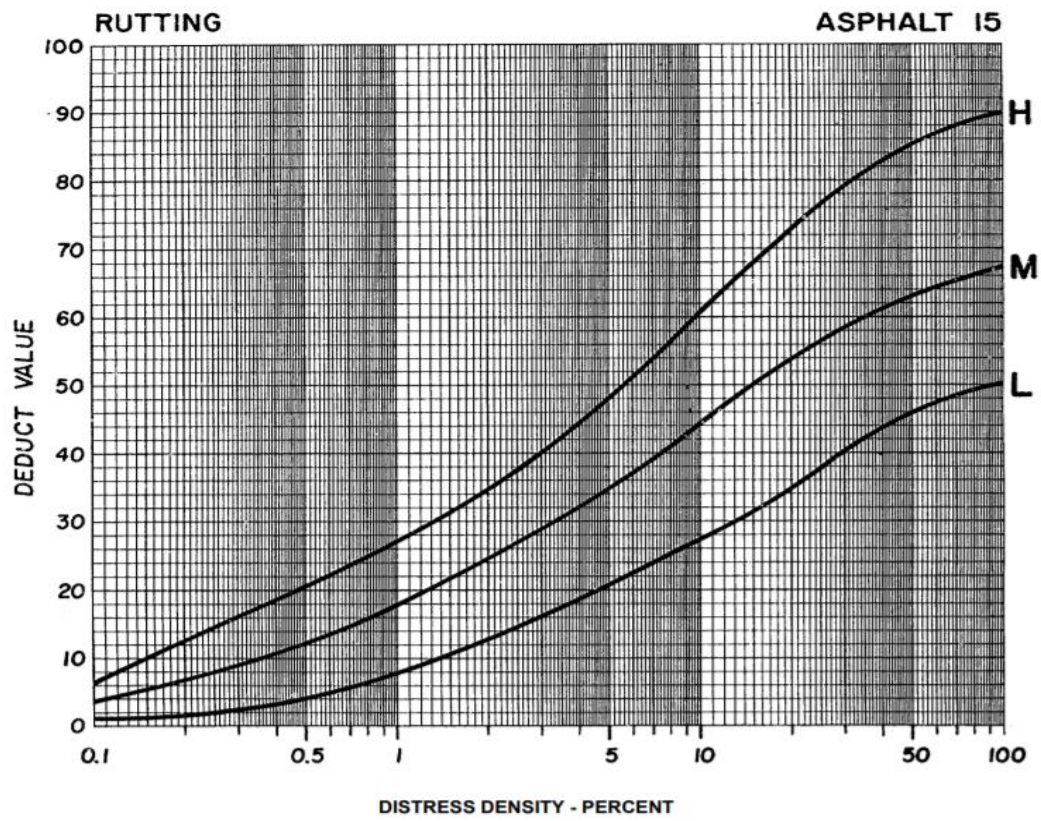


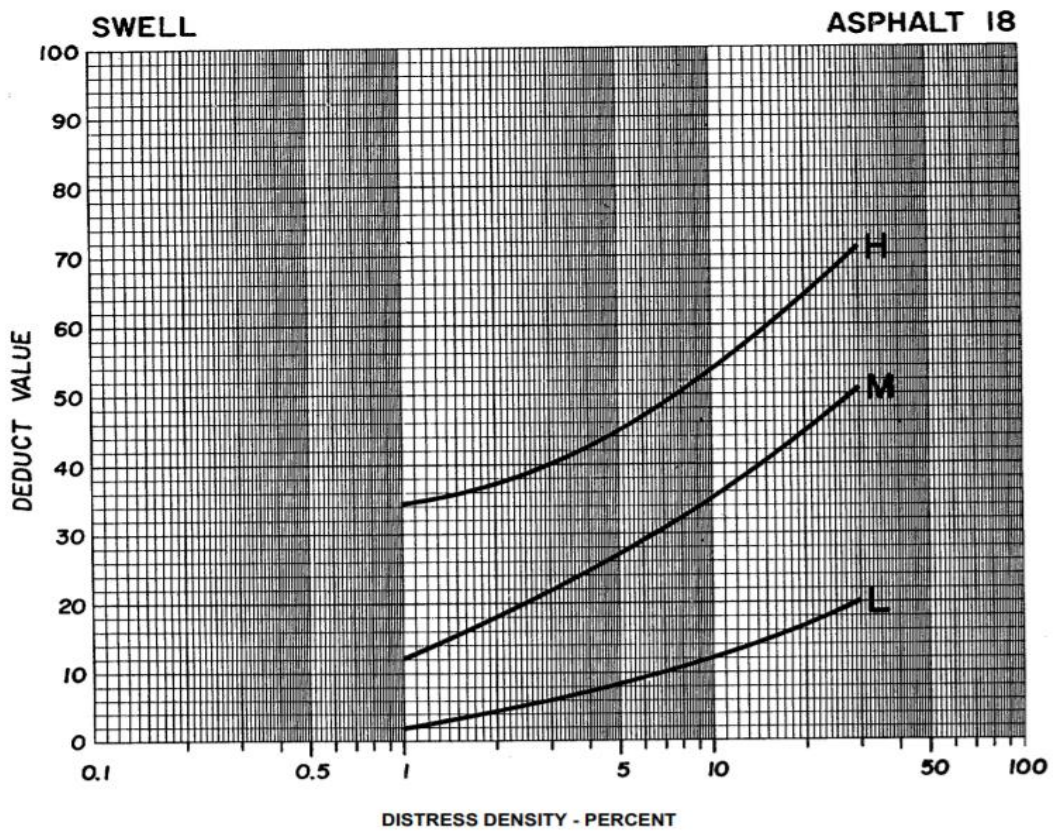
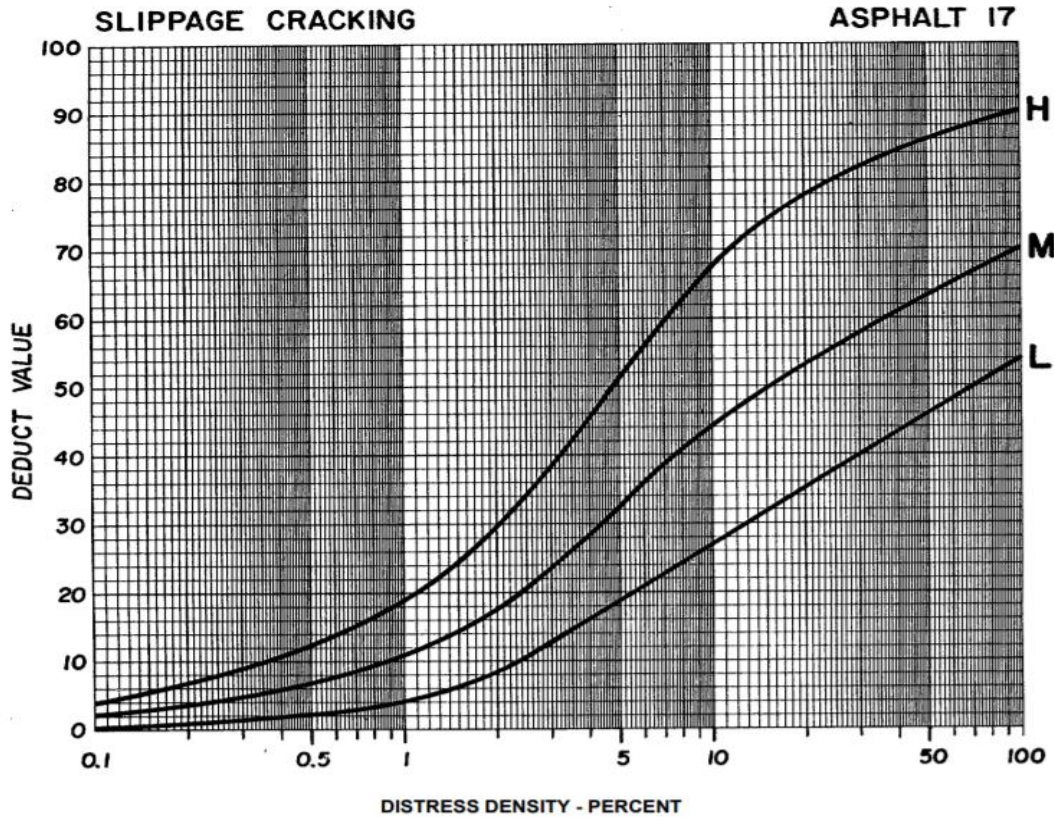




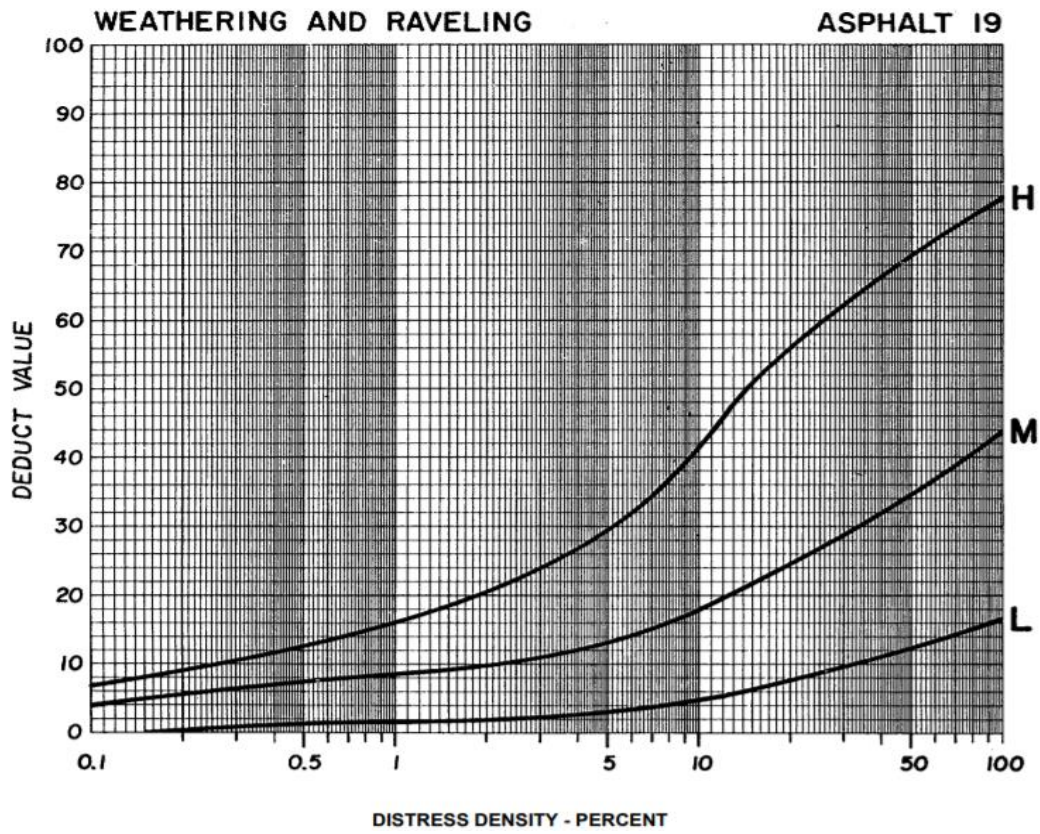




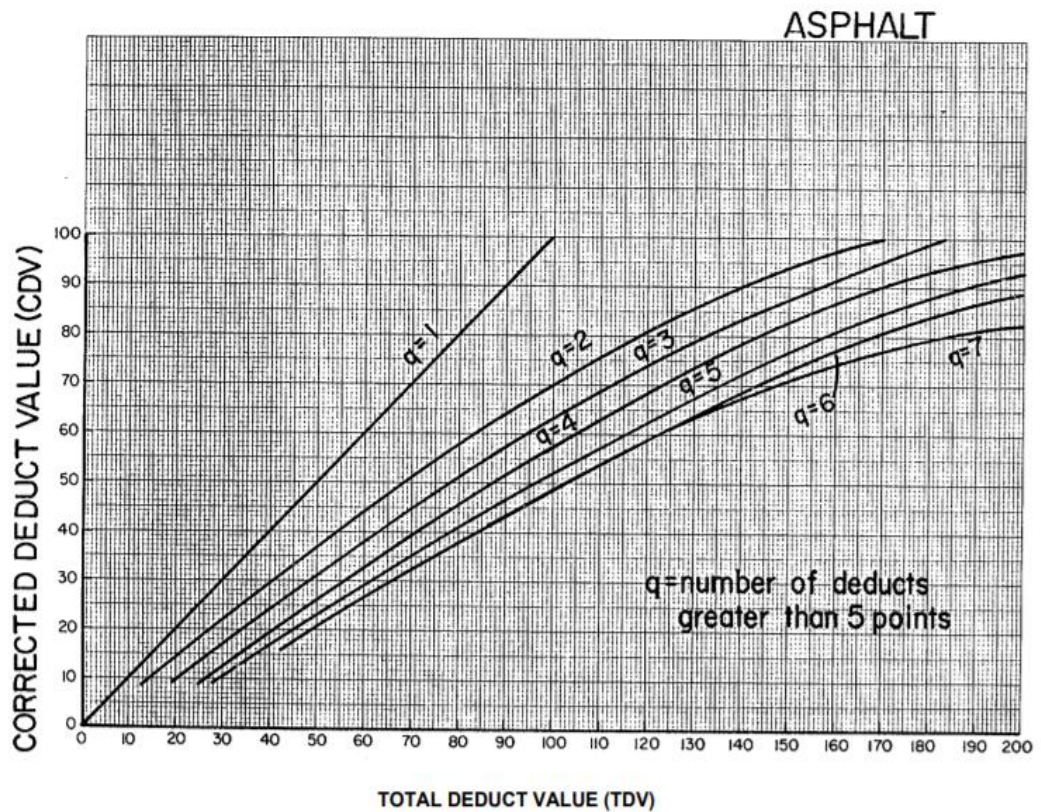




solavancos e afundamentos



Valores Deduzidos Corrigidos (VDC) Para os Defeitos dos Pavimentos Asfálticos.





**APÊNDICE B – DADOS OBTIDOS POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE  
GLOBAL.**

## Av. Juaci Sampaio Pontes

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																												
<b>RODOVIA:</b> Av. Juaci Sampaio Gomes		<b>TRECHO:</b> <b>SUBTRECHO:</b>				<b>OPERADOR:</b> <b>REVESTIMENTO TIPO:</b>												<b>Data:</b> Estaca ou Quilômetro										
Estaca ou Km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						FLECHAS (mm)					
			ISOLADAS					INTERLIGADAS					PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE				
			FI	TTC	TIL	TLC	TLL	TRR	FC-2 (2)		FC-3 (3)			ALP	ATP	ALC	ATC											
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm
1																										1	2	
2																											1	1
3																											0	0
4																											1	2
5																											0	1
6																											1	0
7																											1	1
8																											0	1
9																											0	1
10																											0	0

Inventário da Rua Juaci Sampaio Pontes

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					<b>Data:</b>	<b>Folha:</b>
<b>RODOVIA:</b> Av. Juaci Sampaio Pontes		<b>TRECHO:</b> <b>SUBTRECHO:</b>			Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	2	20%	0,2	4,00	
2	(FC -2) J, TB	1	10%	0,5	5,00	
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0%	0,8	0,00	
4	ALP, ATP	0	0%	0,9	0,00	
5	O e P	1	10%	1	10,00	
6	EX	0	0%	0,5	0,00	
7	D	0	0%	0,3	0,00	
8	R	2	20%	0,6	12,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE = 0,9	TRI = 0,5	F = 0,7	0,93	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0,54	TRlv = 0,28	FV = 0,41	0,41	
<b>Nº TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS</b>		10	$\Sigma$ IND. GRAVID. IND. = IGG =		<b>32,34</b>	
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30				2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		<b>Conceito=</b>
1B) IGI = 40 quando F > 30				2B) IGI = 50 quando FV > 50		
						<b>BOM</b>

Planilha de Cálculo IGG (Av. Juaci Sampaio Pontes)

## Rua Joaquim Mota

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
RODOVIA:		TRECHO:				OPERADOR:										Data:							
Rua Joaquim Mota		SUBTRECHO:				REVESTIMENTO TIPO:										Estaca ou Quilômetro							
Estaca ou Km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCA DE RODAS				
			ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE			
			FI	TTC	TIL	TLC	TLL	TRR	FC-2 (2)		FC-3 (3)		ALP	ATP	ALC	ATC	5	5	5	6	7	8	mm
1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8				
1																						1	1
2																						1	1
3																						0	0
4																						1	1
5																						0	1
6																						0	0
7																						0	1
8																						1	0
9																						0	1
10																						0	1

Inventário da Rua Joaquim Mota

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:	Folha:
RODOVIA:		TRECHO:			Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Rua Joaquim Mota		SUBTRECHO:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0%	0,2	0,00	
2	(FC -2) J, TB	0	0%	0,5	0,00	
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0%	0,8	0,00	
4	ALP, ATP	0	0%	0,9	0,00	
5	O e P	1	10%	1	10,00	
6	EX	0	0%	0,5	0,00	
7	D	0	0%	0,3	0,00	
8	R	0	0%	0,6	0,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em	TRE = 0,7	TRI = 0,4	F = 0,55	0,73	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas	TREv = 0,23	TRlv = 0,27	FV = 0,25	0,25	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		10	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG =		<b>10,98</b>	
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30				2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Conceito= <b>BOM</b>
1B) IGI = 40 quando F > 30				2B) IGI = 50 quando FV > 50		

Planilha de Cálculo IGG (Rua Joaquim Mota)

## Rua Heribaldo Rodrigues

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																								
RODOVIA:		TRECHO:				OPERADOR:										Data:								
Rua Heribaldo Rodrigues		SUBTRECHO:				REVESTIMENTO TIPO:										Estaca ou Quilômetro								
Estaca ou Km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCA DE RODAS			
			ISOLADAS				INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE		
			FI	TTC	TIL	TLC	TLL	TRR	FC-2 (2)		FC-3 (3)		ALP	ATP									ALC	ATC
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm	
1																							0	2
2																							1	1
3																							0	1
4																							0	0
5																							0	2
6																							0	1
7																							0	0
8																							0	1
9																							0	0
10																							0	0

Inventário da Rua Heribaldo Rodrigues

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:	Folha:
RODOVIA:		TRECHO:			Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Rua Heribaldo Rodrigues		SUBTRECHO:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0%	0,2	0,00	
2	(FC -2) J, TB	0	0%	0,5	0,00	
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0%	0,8	0,00	
4	ALP, ATP	0	0%	0,9	0,00	
5	O e P	3	30%	1	30,00	
6	EX	0	0%	0,5	0,00	
7	D	0	0%	0,3	0,00	
8	R	0	0%	0,6	0,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em	TRE = 0,7	TRI = 0,4	F = 0,55	0,73	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas	TREv = 0,23	TRiv = 0,27	FV = 0,25	0,25	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		10	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG =		<b>30,98</b>	
1A) IGI = $F \times 4/3$ quando $F \leq 30$		2A) IGI = FV quando $FV \leq 50$			Conceito=	<b>BOM</b>
1B) IGI = 40 quando $F > 30$		2B) IGI = 50 quando $FV > 50$				

Planilha de Cálculo IGG (Rua Heribaldo Rodrigues)

## Rua Cruzeiro Velho

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA:		TRECHO:										OPERADOR:						Data:							
Rua Cruzeiro Velho		SUBTRECHO:										REVESTIMENTO TIPO:						Estaca ou Quilômetro							
Estaca ou Km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCA DE RODAS				
			ISOLADAS				INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			FI	TTC	TIL	TLC	TLL	TRR	FC-2 (2)		FC-3 (3)		ALP	ATP									ALC	ATC	
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm		
1																							1	1	
2				X														X						0	1
3				X														X						1	2
4				X																				1	1
5																						X		0	1
6																								0	1
7																								1	1
8																					X			1	0
9																		X						0	1
10																								0	0

Inventário da Rua Cruzeiro Velho

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:	Folha:
RODOVIA:		TRECHO:			Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Rua Cruzeiro Velho		SUBTRECHO:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	2	20%	0,2	4,00	
2	(FC -2) J, TB	0	0%	0,5	0,00	
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0%	0,8	0,00	
4	ALP, ATP	0	0%	0,9	0,00	
5	O e P	3	30%	1	30,00	
6	EX	0	0%	0,5	0,00	
7	D	0	0%	0,3	0,00	
8	R	2	20%	0,6	12,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em	TRE = 0,9	TRI = 0,5	F = 0,7	0,93	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas	TREv = 0,32	TRlv = 0,28	FV = 0,3	0,3	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		10	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG =		<b>47,23</b>	
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30				2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Conceito=
1B) IGI = 40 quando F > 30				2B) IGI = 50 quando FV > 50		
						<b>REGULAR</b>

Planilha de Cálculo IGG (Rua Cruzeiro Velho)

## Av. Dom Almeida Lustosa

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																								
RODOVIA: Av. Dom Almeida Lustosa		TRECHO: SUBTRECHO:				OPERADOR: REVESTIMENTO TIPO:										Data: Estaca ou Quilômetro								
Estaca ou Km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCA DE RODAS					
			ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE				
			FI	TTC	TIL	TLC	TLL	TRR	FC-2 (2)		FC-3 (3)		ALP	ATP	ALC	ATC	5	5	5	6	7	8	mm	mm
1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8					
1																						0	1	
2																							0	0
3																							0	1
4																							0	0
5																						✗	1	1
6																							0	0
7																							0	1
8																						✗	1	1
9																							0	0
10																							0	0

Inventário da Av. Dom Almeida Lustosa

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:	Folha:
RODOVIA: Av. Dom Almeida Lustosa		TRECHO: SUBTRECHO:			Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0%	0,2	0,00	
2	(FC - 2) J, TB	0	0%	0,5	0,00	
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0%	0,8	0,00	
4	ALP, ATP	0	0%	0,9	0,00	
5	O e P	0	0%	1	0,00	
6	EX	0	0%	0,5	0,00	
7	D	0	0%	0,3	0,00	
8	R	2	20%	0,6	12,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em	TRE = 0,5	TRI = 0,2	F = 0,35	0,47	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas	TREv = 0,28	TRlv = 0,18	FV = 0,23	0,23	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		10	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG =		<b>12,69</b>	
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30				2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Conceito=
1B) IGI = 40 quando F > 30				2B) IGI = 50 quando FV > 50		

Planilha de Cálculo IGG (Av. Dom Almeida Lustosa)