



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS - UNICHRISTUS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**SANDY OLIVEIRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE VIAS URBANAS POR MEIO DO ÍNDICE DE  
GRAVIDADE GLOBAL (IGG). ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE CAUCAIA-CE.**

**FORTALEZA**

**2021**

SANDY OLIVEIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE VIAS URBANAS POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG). ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE CAUCAIA-CE.

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

Orientador: Prof. Me. Lucas Cavalcante de Almeida.

FORTALEZA  
2021

S586a

SILVA, SANDY.

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE VIAS URBANAS POR MEIO DO  
ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG). ESTUDO DE CASO:  
MUNICÍPIO DE CAUCAIA-CE. / SANDY SILVA. - 2021.

74 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro  
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,  
Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Me. LUCAS CAVALCANTE DE ALMEIDA.

1. Pavimentação. 2. Defeitos. 3. Método do IGG. 4.  
Manutenções. 5. Custos. I. Título.

CDD 624

SANDY OLIVEIRA DA SILVA

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE VIAS URBANAS POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG). ESTUDO DE CASO: 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.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

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

---

Prof. Ma. Alessandra Honório Oliveira  
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus que sempre me guiou, fazendo com que meus objetivos fossem alcançados ao longo da realização desse projeto.

Aos meus pais, Simone e Pedro, pelo apoio incondicional, tornando esse sonho possível, sempre incentivando e compreendendo, com todo amor, minha ausência em momentos de total dedicação, sendo meus pilares durante a vida acadêmica.

A todos os familiares e amigos que contribuíram, de alguma forma, e estiveram ao meu lado dando suporte em momentos cruciais.

À Secretaria de Infraestrutura de Caucaia – SEINFRA pela viabilização desta pesquisa, em especial ao Topógrafo Pedro Roberto pelo aporte necessário para os levantamentos realizados em campo.

Ao Centro Universitário Christus pela elevada qualidade do ensino ofertado, bem como todo suporte e estrutura necessária para a realização desse trabalho. Por conseguinte, ao corpo docente responsável por cada ensinamento e oportunidades concedidas durante todo o período acadêmico.

E em suma, um agradecimento especial ao meu orientador, Lucas Cavalcante, por ter desempenhado tal função com total maestria e dedicação, pelo tempo cedido, ajuda e paciência com a qual guiou meu aprendizado no decorrer deste trabalho.

## RESUMO

A análise do desempenho oferecido por um determinado pavimento empenha-se em identificar, de maneira objetiva, a sua condição atual, que engloba os defeitos e problemas, possibilitando definir de forma adequada as ações que constituem um Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP. É interessante que o pavimento tenha sua empregabilidade acompanhada e as manutenções preventivas e corretivas devem ocorrer em períodos adequados, proporcionando assim uma maior vida útil. Se essas manutenções forem executadas adequadamente respeitando os parâmetros do projeto e etapas da construção haverá uma economia com futuros danos devido a qualidade das vias, tanto para os usuários como para o governo. Nesse contexto, o presente trabalho versa sobre avaliações superficiais de 5 vias do município de Caucaia-CE nas quais permitem conhecer a real circunstância da superfície do pavimento asfáltico e, com base nesses resultados, demonstrar as maneiras utilizadas em ações preventivas efetuadas por meio do Índice de Gravidade Global - IGG. Para a execução do método proposto, foi necessário conhecer a condição atual da via pavimentada, analisar a condição do pavimento após a manutenção e explorar os recursos necessários utilizando o coeficiente de correlação  $R^2$  obtido através de regressão linear simples, considerando ponderar, também, questões orçamentárias para os investimentos em cada via. O IGG é um método de fácil aplicabilidade e eficaz para vias urbanas quando se trata de análise superficial, pois o método não contabiliza a severidade dos defeitos, exceto as trincas, e leva somente em consideração a existência dos defeitos, desconsiderando, também, sua quantidade por trecho. Os valores de IGG levantados variaram entre 93,65 e 135,15 antes das requalificações para 11,79 e 0,22 após as manutenções previstas, apresentando uma melhoria média de 96,92%.

**Palavras-chave:** Pavimentação. Defeitos. Método do IGG. Manutenções. Custos.

## ABSTRACT

The analysis of the performance offered by a given pavement strives to, objectively, identify its current condition, which includes defects and problems, making it possible to define properly as actions that combine a Pavement Management System – SGP. It is interesting that the pavement has its employability monitored, and preventive and corrective maintenance must take place at appropriate times, thus providing a longer service life. If such maintenance is carried out properly, respecting the parameters of the project and construction steps, there will be an economy with future damages due to the quality of the roads, both for users and for the government. In this context, the present work deals with superficial evaluations of 5 roads in the municipality of Caucaia in which they allow to know the real circumstance of the asphalt pavement surface and, based on these results, demonstrate the ways used in preventive actions carried out through the Global Severity Index – IGG. In this context, the present work is about superficial rating of 5 roads in the city of Caucaia-CE, which allow to know the real circumstance of the surface of the asphalt pavement and, based on these results, demonstrate the ways used in preventive actions carried out through the Index of Global Gravity - IGG. For the execution of the proposed method, it was necessary to know the current condition of the paved road, analyze the condition of the pavement after maintenance and explore the necessary resources using the correlation coefficient  $R^2$  obtained through simple linear regression, considering to ponder, also, budgetary issues for investments in each way. The IGG is an easily applicable and effective method for urban roads when it comes to superficial analysis, as the method does not account for the severity of defects, except for cracks, and only takes into account the existence of defects, disregarding, also, their quantity per section. The IGG values raised ranged between 93.65 and 135.15 before the requalifications to 11.79 and 0.22 after the planned maintenance, showing an average improvement of 96.92%.

**Key words:** Paving. Distress. IGG method. Maintenance. Costs.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Camadas do pavimento flexível.....	18
<b>Figura 2</b> – Representação da distribuição de tensões em pavimento asfáltico .....	19
<b>Figura 3</b> – Aplicação de CBUQ.....	20
<b>Figura 4</b> – Revestimento drenante CPA .....	21
<b>Figura 5</b> – Aplicação de lama asfáltica .....	22
<b>Figura 6</b> – Aplicação de microrrevestimento asfáltico .....	23
<b>Figura 7</b> – Aplicação de tratamento superficial com emulsão asfáltica .....	24
<b>Figura 8</b> – Operação tapa-buraco.....	28
<b>Figura 9</b> – Fresagem do revestimento .....	29
<b>Figura 10</b> – Aplicação de selante para trincas.....	29
<b>Figura 11</b> – Representação esquemática do defletômetro de impacto FWD.....	31
<b>Figura 12</b> – Esquema da Viga Benkelman .....	31
<b>Figura 13</b> – Micro e macrotextura na superfície de um revestimento asfáltico .....	33
<b>Figura 14</b> – Variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via.....	33
<b>Figura 15</b> – Exemplo de demarcação de áreas para inventários de defeitos .....	35
<b>Figura 16</b> – Avenida Dom Almeida Lustosa.....	37
<b>Figura 17</b> – Rua Joaquim Mota .....	37
<b>Figura 18</b> – Rua Juaci Sampaio Pontes .....	37
<b>Figura 19</b> – Rua Heribaldo Rodrigues (Potiguara).....	38
<b>Figura 20</b> – Rua Cruzeiro Velho .....	38
<b>Figura 21</b> – Trena de fita de PVC. ....	39
<b>Figura 22</b> – Cabo de madeira .....	39
<b>Figura 23</b> – Cone refletivo .....	39
<b>Figura 24</b> – Fluxograma – sequência da análise do IGG.....	44
<b>Figura 25</b> – Inventário da Rua Joaquim Mota – antes da restauração .....	45
<b>Figura 26</b> – Inventário da Rua Joaquim Mota – depois da restauração.....	46
<b>Figura 27</b> – Defeito no pavimento após a restauração .....	47
<b>Figura 28</b> – Antes x depois da restauração da Rua Joaquim Mota .....	48
<b>Figura 29</b> – Defeitos no pavimento após a restauração .....	49
<b>Figura 30</b> – Antes x depois da Rua Juaci Sampaio Pontes .....	50
<b>Figura 31</b> – Antes x depois da Rua Cruzeiro Velho.....	51

<b>Figura 32</b> – Antes x depois da Av. Dom Almeida Lustosa .....	52
<b>Figura 33</b> – Antes x depois da Rua Heribaldo Rodrigues .....	53

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Defeitos do pavimento urbano e suas definições .....	24
<b>Quadro 2</b> – Descrição das vias analisadas em Caucaia-CE. ....	36
<b>Quadro 3</b> – Valor do Fator de Ponderação.....	40
<b>Quadro 4</b> – Formulário utilizado em campo para contabilização dos defeitos.....	41
<b>Quadro 5</b> – Planilha de cálculo do IGG .....	42
<b>Quadro 6</b> – Padrões de Desempenho Para a Aceitação de Obras de Restauração e de Pavimentos Novos – Revestimentos Asfálticos.....	43
<b>Quadro 7</b> – Planilha de cálculo da Rua Joaquim Mota – antes da restauração .....	46
<b>Quadro 8</b> – Planilha de cálculo da Rua Joaquim Mota – depois da restauração.....	47
<b>Quadro 9</b> – Variações e custo/metro IGG.....	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Níveis de serventia do pavimento .....	34
<b>Tabela 2</b> – Condição do pavimento em função do IGG .....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Antes x Depois - valores IGG.....	54
<b>Gráfico 2</b> – Antes x Depois - valores médios IGG .....	55
<b>Gráfico 3</b> – Variação IGG x Custos .....	55
<b>Gráfico 4</b> – Variação IGG x Custos .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CAP	Concreto Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CPA	Camada Porosa de Atrito
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EAP	Emulsão Asfáltica de Petróleo
FWD	Falling Weight Deflectometer
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
M&R	Manutenção e Reabilitação
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SGPU	Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura
VSA	Valor de Serventia Atual

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>16</b>
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i> .....	16
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Classificação dos pavimentos</b> .....	<b>17</b>
2.1.1	<i>Pavimento flexível</i> .....	17
2.1.1.1	Revestimentos asfálticos utilizados na pavimentação urbana .....	19
<b>2.2</b>	<b>Principais defeitos do pavimento urbano</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3</b>	<b>Manutenções comuns em pavimento urbano</b> .....	<b>27</b>
2.3.1	<i>Remendos</i> .....	27
2.3.2	<i>Fresagem</i> .....	28
2.3.3	<i>Selagem de trincas</i> .....	29
<b>2.4</b>	<b>Avaliações de pavimentos</b> .....	<b>30</b>
2.4.1	<i>Avaliação objetiva de superfície através do IGG</i> .....	34
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
<b>3.1</b>	<b>Classificação da Pesquisa</b> .....	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>Localização dos trechos</b> .....	<b>36</b>
<b>3.3</b>	<b>Materiais utilizados</b> .....	<b>38</b>
<b>3.4</b>	<b>Método de cálculo IGG</b> .....	<b>40</b>
<b>3.5</b>	<b>Instrução de serviço nº13 – DNIT</b> .....	<b>43</b>
<b>3.6</b>	<b>Dados de custos com Índice de Gravidade Global</b> .....	<b>44</b>
<b>3.7</b>	<b>Fluxograma</b> .....	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise do IGG da Rua Joaquim Mota</b> .....	<b>45</b>

<b>4.2</b>	<b>Análise do IGG da Rua Juaci Sampaio Pontes .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise do IGG da Rua Cruzeiro Velho .....</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise do IGG da Av. Dom Almeida Lustosa.....</b>	<b>51</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise do IGG da Rua Heribaldo Rodrigues .....</b>	<b>52</b>
<b>4.6</b>	<b>Análise dos valores de IGG antes e depois da atividade de reparo do pavimento.....</b>	<b>53</b>
<b>4.7</b>	<b>Variação IGG x Custos .....</b>	<b>55</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
	<b>APÊNDICE A – DADOS DA AVALIAÇÃO FUNCIONAL FEITA POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL .....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Devido a globalização, o aumento do poder aquisitivo das classes populacionais acarretou na facilidade de se obter um automóvel nos dias de hoje, o que provocou a saturação e o congestionamento das vias nos centros urbanos, contribuindo para a sua depreciação, principalmente os veículos de grande porte, fazendo-se necessário a execução de novos trechos, bem como a manutenção da malha viária dos trechos já existentes de forma constante.

Em todo o mundo a pavimentação asfáltica é a forma de revestimento predominante, sendo considerado um dos mais antigos materiais utilizados em construções; no Brasil, por exemplo, segundo a Confederação Nacional do Transporte - CNT (2019), dos aproximadamente 213.453 km de rodovias pavimentadas 96% são revestidas de asfalto, sendo amplamente utilizado também em ruas.

É importante entender como o desempenho do pavimento atua, nas vias onde é empregado, pois este está emparelhado ao grau com que ele atende às atribuições que lhe são impostas ao longo de sua trajetória de serviço, onde suporta e distribui ao subleito os esforços verticais gerados pelo tráfego e reestabelece condições de rolamento no que diz respeito à comodidade e segurança.

A análise do desempenho oferecido por um determinado pavimento empenha-se em identificar, de maneira objetiva, a sua condição atual, que engloba os defeitos e problemas, possibilitando definir de forma admissível as ações que constituem um Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP. Desta forma, diversos órgãos rodoviários vêm, ao longo do tempo, desenvolvendo diversos modelos de desempenho para utilização em suas atividades de gerenciamento dos pavimentos.

Para que o SGP seja eficaz, o órgão rodoviário deve dispor de informações sobre a atual condição em que as vias se encontram, a partir disso são determinados os tipos de defeitos, sua dimensão, a gravidade e decisões de Manutenção e Reabilitação (M&R) podem ser tomadas para cada trecho específico.

A utilização de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU é adequada para conservar o patrimônio público e os recursos empregados na pavimentação urbana. Para que o SGPU seja implantado é ideal que haja alocação de recursos financeiros; equipamentos para avaliações em campo; avaliações, em

campo; análise de dados coletados para identificar defeitos da superfície e/ou a condição estrutural do pavimento e aplicação da possibilidade de M&R escolhida.

É interessante que o pavimento tenha sua empregabilidade acompanhada e as manutenções preventivas e corretivas devem ocorrer em períodos adequados, proporcionando assim uma maior vida útil, uma vez que a camada superficial do pavimento é a mais perceptível para o usuário, pois irregularidades e defeitos apresentados nessa superfície afetam diretamente o conforto e a trafegabilidade.

Outro fator que pesa em obras de pavimentação é o custo, uma vez que esse pode ser bastante elevado. No entanto, se essas obras forem executadas adequadamente respeitando os parâmetros do projeto e etapas da construção haverá uma economia com futuros danos devido à má qualidade das vias, tanto para os usuários como para o governo.

Diante disso, o estado em que a via se encontra, bem como a funcionalidade exercida por esta, determinam, primordialmente, a atividade de manutenção e restauração necessária que será aplicada no trecho em questão. Tapar buracos, recapear, ou implementar uma pavimentação asfáltica, são alternativas que devem passar por uma análise criteriosa seguida de um mapeamento de ruas e avenidas, apresentando as condições e analisando a melhor decisão a ser tomada individualmente.

Atualmente existem métodos de avaliação de pavimentos que podem transmitir informações nas quais permitem conhecer a real circunstância da superfície do pavimento asfáltico e, com base nesses resultados, empregam as melhores maneiras para que uma ação preventiva seja efetuada ou mesmo uma restauração na via, a depender do estado em que a via se encontra. Dentro das avaliações objetivas encontra-se o Índice de Gravidade Global – IGG, que será abordado nesse trabalho.

### **1.1 Justificativa**

Com a finalidade de dar continuidade a um planejamento de recuperação das vias, é preciso requalificar e quantificar os defeitos constatados, para que possa ser executada uma restauração eficiente, fornecendo então, conforto e segurança para os usuários.

O presente trabalho se justifica através das mudanças observadas na malha viária do município de Caucaia, Ceará, que sofreram atividade de manutenção; comparando como se encontrava o trecho antes e após cada modificação proposta à via que, de acordo com a condição funcional que apresentava, não conseguia atender aos critérios de conforto e segurança. Levou em consideração o custo financeiro investido e os benefícios gerados, utilizando o Índice de Gravidade Global – IGG.

Para a aplicabilidade do método proposto, é necessário conhecer a condição atual da via pavimentada, analisar a condição após a manutenção e explorar os recursos necessários para as correções previstas, considerando ponderar, também, questões orçamentárias para os investimentos nas vias.

## **1.2 Objetivos**

### *1.2.1 Objetivo Geral*

Realizar a avaliação funcional de vias do município de Caucaia, Estado do Ceará, utilizando como parâmetro o IGG, atendendo às especificações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

### *1.2.2 Objetivos Específicos*

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- I. Determinar o percentual de melhora gerado pela manutenção;
- II. Realizar um comparativo dos custos necessários investidos em cada via;
- III. Analisar a aplicabilidade do IGG em vias urbanas do município de Caucaia-CE;
- IV. Verificar a correlação entre custos de manutenção e IGG.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o pavimento de uma rodovia é a superestrutura integrada por um sistema de camadas de espessuras finitas. A pavimentação é destinada a resistir aos esforços provenientes do clima e da circulação de veículos, garantindo aos usuários melhores condições de tráfego, com conforto, organização e segurança.

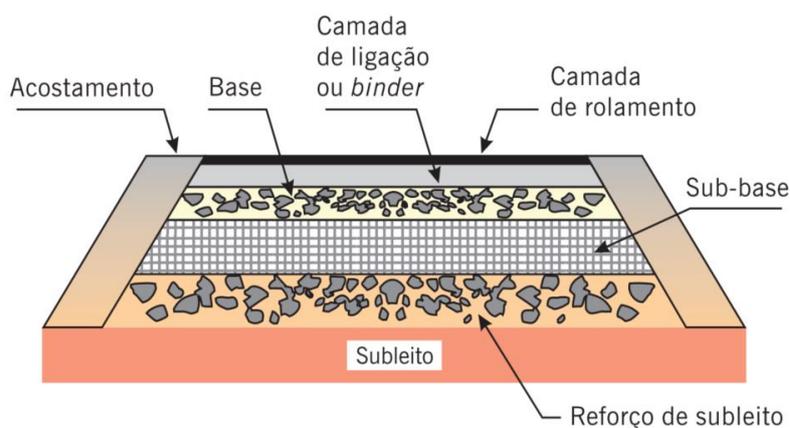
Bartoli *et al.* (2005) apontam que a pavimentação de vias, se traduz por uma alteração da cobertura do solo, a qual se evidencia na medida em que melhora a qualidade de vida dos habitantes de uma cidade, no sentido de, revigorar as condições de tráfego, melhorar as condições de acesso, proporcionar novos serviços de limpeza urbana, tais como: limpeza de vias e coleta adequada de lixo, reduzir o nível de poeira em suspensão, reduzir o consumo de água potável usada para reduzir a poeira e, também, nas lavagens de pisos, calçadas, veículos e roupas e aspectos como a valorização imobiliária.

### 2.1 Classificação dos pavimentos

Conforme Bernucci *et al.* (2010), os pavimentos são classificados, de forma geral, em três tipos: rígidos, semirrígidos e flexíveis.

#### 2.1.1 Pavimento flexível

Os pavimentos flexíveis, ou asfálticos - como são atualmente conhecidos, são aqueles em que o revestimento é constituído por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. Segundo Balbo (2007) é composto por cinco camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e subleito e reforço do subleito, como pode ser observado na Figura 1.

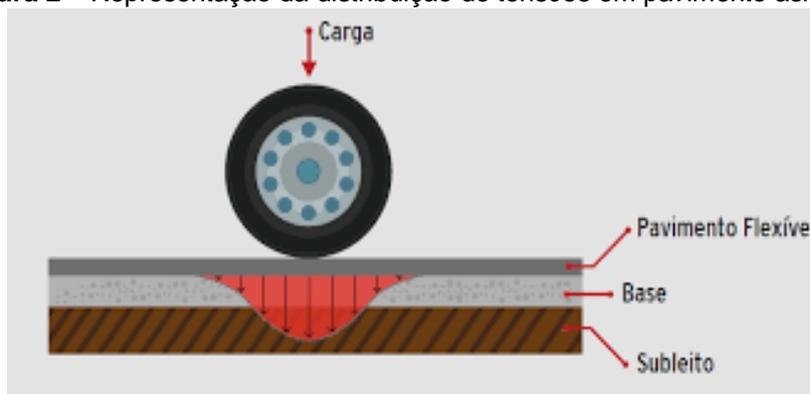
**Figura 1 – Camadas do pavimento flexível**

Fonte: Bernucci *et al* (2010).

- Subleito: é a camada mais interna do pavimento, sendo considerada a fundação do pavimento, ou seja, é o material natural da região onde se pretende inserir o pavimento.
- Reforço do subleito: é a camada que possui espessura variável, melhora a capacidade de suporte de carga do subleito, com característica técnica inferior a da camada superior (sub-base), e superior a do material do subleito. Sendo utilizado, se a capacidade de suporte à carga do material de subleito for muito baixa.
- Sub-base: é a camada que possui a mesma função da base, sendo executada sobre o subleito ou o reforço do subleito.
- Base: é a camada de pavimentação designada a receber os esforços verticais do tráfego e distribuir as camadas subjacentes.
- Revestimento: é a camada que recebe cargas verticais e horizontais provenientes do tráfego, transmitindo para as camadas subjacentes. Além de melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, e resistir aos desgastes (BALBO, 2007).

Conforme assevera Bernucci *et al.* (2010), quando um carregamento é aplicado sobre o revestimento flexível, todas as camadas trabalham em conjunto, de maneira que a carga se distribui em parcelas proporcionais, sofrendo deformação elástica significativa, como é constatado na Figura 2.

**Figura 2** – Representação da distribuição de tensões em pavimento asfáltico



Fonte: Confederação Nacional do Transporte – CNT, 2016.

Pinto (2019) afirma que existem várias razões para o uso do asfalto em pavimentação. Os revestimentos betuminosos têm, por exemplo, os seguintes princípios essenciais: proteger as camadas subjacentes do pavimento, ter boa condição de rolamento, ter flexibilidade, resistir à ação abrasiva do tráfego, resistir ao intemperismo, entre outros.

#### 2.1.1.1 Revestimentos asfálticos utilizados na pavimentação urbana

Bernucci *et al.* (2010) declaram que o material de revestimento asfáltico pode ser fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou produzido na própria pista (tratamentos superficiais). Além da forma de produção, os revestimentos também podem ser identificados quanto ao tipo de ligante: a quente com o uso de Concreto Asfáltico de Petróleo - CAP, ou a frio com o uso de Emulsão Asfáltica de Petróleo - EAP, que são indicadas para revestimento de ruas e estradas de baixo volume de tráfego.

##### - Concreto Betuminoso Usinado à Quente - CBUQ

O Concreto Betuminoso Usinado à Quente ou simplesmente CBUQ é o mais nobre dos revestimentos flexíveis, porém além do aquecimento, há outras possibilidades que tornam o asfalto trabalhável como, a diluição com solventes derivados de petróleo e o emulsionamento (SENÇO, 2001).

O procedimento de fabricação dessa massa asfáltica, é realizado em uma usina de asfalto, com o objetivo principal de proporcionar de forma adequada a mistura de frações de agregados. Aquecendo a mistura e o ligante asfáltico, e depois misturando todos os materiais, produzindo, assim, misturas asfálticas dentro das

características especificadas (BERNUCCI *et al.*, 2010). A Figura 3 apresenta a execução de CBUQ em uma determinada via.

**Figura 3 – Aplicação de CBUQ**



Fonte: Terrena, 2017.

#### - Camada Porosa de Atrito - CPA

Outro revestimento realizado à quente é a camada porosa de atrito ou CPA, que consiste em um pré-misturado a quente com utilização de asfalto polímero e está normatizada na norma do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER - ES 386/99. É uma mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída tanto de agregados graúdos quanto miúdos, material de enchimento (filler) e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida à quente (VENESCAU, 2020).

A CPA é um pavimento poroso (Figura 4) que tem como função diminuir os riscos de aquaplanagem, aumentar o atrito entre o pneu e o pavimento, possibilitando, assim, a redução de ruídos gerados pelos veículos e possui também rápida percolação da água da chuva, devido sua elevada permeabilidade (CAVA, 2017). Por outro lado, o problema das camadas porosas é que elas exigem um rigoroso controle e manutenções preventivas, uma vez que, com o passar do tempo ocorre o preenchimento dos vazios reduzindo sua capacidade drenante em 50% no primeiro ano de vida útil. (NASCIMENTO e REIS, 1999).

**Figura 4 – Revestimento drenante CPA**

Fonte: Venescau, 2020.

Em situações de recomposição da capacidade estrutural ou funcional, Bernucci *et al.* (2010) reiteram que é possível dispor de outros tipos de misturas asfálticas que se processam em usinas móveis especiais e promovem a mistura agregados-ligante imediatamente antes da colocação no pavimento, podendo ser separadas em misturas novas relativamente fluidas (lama asfáltica e microrrevestimento) e misturas recicladas com uso de fresadoras-recicladoras.

Cada uma das misturas asfálticas tem requisitos próprios de dosagem e atendem a finalidade adequada, sempre associada a espessuras calculadas em função do tráfego e do tipo de materiais existentes nas outras camadas (BERNUCCI *et al.*, 2010).

#### - Lama asfáltica

Bernucci *et al.* (2010) apontam que as lamas asfálticas são compostas, basicamente, de uma associação, em consistência fluida, de agregados minerais, material de enchimento ou fíler, emulsão asfáltica e água, uniformemente misturadas e espalhadas no local da obra, à temperatura ambiente, conforme mostra a Figura 5.

**Figura 5 – Aplicação de lama asfáltica**

Fonte: Faria, 2018.

Bernucci *et al.* (2010) descrevem que a lama asfáltica tem principal aplicação em manutenção de pavimentos, principalmente nos desgastes superficiais e trincamentos de pequeno grau. Ocasionalmente é utilizada em granulometria mais grossa para recompor a condição de atrito superficial ou como capa selante aplicada sobre tratamentos superficiais envelhecidos.

#### - Microrrevestimento asfáltico

De acordo com a NBR 14948 (ABNT, 2003), microrrevestimento asfáltico é uma técnica que pode ser considerada um desenvolvimento das lamas asfálticas, pois utiliza o mesmo princípio e concepção, porém emprega emulsões modificadas com polímero para aumentar sua vida útil. O microrrevestimento é uma mistura a frio processada em usina móvel especial, de agregados minerais, fíler, água e emulsão com polímero, e, eventualmente, adição de fibras.

A utilização do microrrevestimento pode ser observada na recuperação funcional de pavimentos deteriorados, no revestimento de pavimentos de baixo volume de tráfego, na camada intermediária antirreflexão de trincas em projetos de esforço estrutural, ou como capa selante (BERNUCCI *et al.*, 2010). A Figura 6 apresenta a aplicação desta mistura fluida.

**Figura 6 – Aplicação de microrrevestimento asfáltico**



Fonte: Exército Brasileiro, 2017.

### - Tratamento Superficial

O tratamento superficial é um revestimento flexível de pequena espessura, realizado pelo espalhamento sucessivo de ligante betuminoso e agregado (Figura 7), em operação simples ou múltipla em comboio de maneira quase simultânea. O denominador comum para essa família de revestimentos é a modalidade de aplicabilidade: por espalhamento de materiais, separadamente, e o envolvimento do agregado pela penetração do ligante, que pode ser direta ou invertida (TEIXEIRA, 2012).

Dentre as principais funções dos tratamentos superficiais têm-se: proporcionar uma camada de rolamento de pequena espessura, porém de alta resistência contra o desgaste; impermeabilizar o pavimento; proteger a infraestrutura; e proporcionar um pavimento com revestimento antiderrapante (BERNUCCI *et al.*, 2010).

**Figura 7** – Aplicação de tratamento superficial com emulsão asfáltica



Fonte: Fircon, 2014.

## 2.2 Principais defeitos do pavimento urbano

Os defeitos encontrados na pavimentação comprometem a segurança e o conforto dos usuários que trafegam por ela, podendo vir a causar prejuízos. É possível avaliar os defeitos que os pavimentos apresentam no decorrer da sua via útil. As principais deformações podem ser classificadas no Quadro 1 segundo a CNT, 2019 como:

**Quadro 1** – Defeitos do pavimento urbano e suas definições (continua)

DEFEITO	NOME	DEFINIÇÃO	CAUSA PROVÁVEL
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO	Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento sem estar acompanhado de levantamento (compensação volumétrica lateral). Quando a extensão é de até 6 m, é denominado de afundamento de consolidação local. Para extensões maiores que 6 m e se for localizado ao longo da trilha de roda, denomina-se afundamento de consolidação de trilha de roda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito;</li> <li>• Densificação ou ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento;</li> <li>• Falha de compactação na construção;</li> <li>• Problemas de drenagem.</li> </ul>
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO	Deformação permanente (plástica) classificada por depressão na superfície do pavimento acompanhada de levantamento (compensação volumétrica lateral). Quando a extensão é de até 6 m, denomina-se de afundamento plástico local. Para extensões maiores que 6 m e se for localizado ao longo da trilha de roda, denomina-se afundamento plástico de trilha de roda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito;</li> <li>• Falha na dosagem de mistura asfáltica – excesso de ligante asfáltico;</li> <li>• Falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante.</li> </ul>

Quadro 1 – Defeitos do pavimento urbano e suas definições (continua).

DEFEITO	NOME	DEFINIÇÃO	CAUSA PROVÁVEL
	DESGASTE	Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, causando aspereza superficial do revestimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falhas de adesividade ligante agregado;</li> <li>Presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante;</li> <li>Deficiência no teor de ligante;</li> <li>Problemas executivos ou de projeto de misturas.</li> </ul>
	ESCORREGAMENTO	Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento com aparecimento de fendas em meia-lua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falhas construtivas;</li> <li>Pintura de ligação.</li> </ul>
	EXSUDAÇÃO	Filme de material betuminoso que aparece na superfície do pavimento criando um brilho vítreo, causado pela migração do ligante por meio do revestimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excessiva quantidade de ligante;</li> <li>Baixo conteúdo de vazios.</li> </ul>
	FISSURAS	São fendas capilares no revestimento asfáltico que ainda não causam problemas funcionais nem estruturais na rodovia. Elas estão posicionadas longitudinal, transversal ou obliquamente e são perceptíveis à vista de quem está a até 1,5 m de distância. A extensão das fissuras é inferior a 30 cm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Má dosagem do asfalto, excesso de finos (ou material de enchimento) no revestimento;</li> <li>Compactação excessiva ou em momento inadequado.</li> </ul>

Quadro 1 – Defeitos do pavimento urbano e suas definições (continuação).

DEFEITO	NOME	DEFINIÇÃO	CAUSA PROVÁVEL
	ONDULAÇÃO OU CORRUGAÇÃO	Movimento plástico do revestimento, caracterizado por ondulações ou corrugações (que são enrugamentos) transversais na superfície do pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de estabilidade da mistura asfáltica;</li> <li>• Excessiva umidade do solo subleito;</li> <li>• Contaminação da mistura asfáltica;</li> <li>• Falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.</li> </ul>
	PANELA OU BURACO	Cavidades de tamanhos variados no revestimento do pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trincas de fadiga (processo que ocorre devido ao acúmulo das solicitações do tráfego ao longo do tempo);</li> <li>• Desintegração localizada na superfície do pavimento;</li> <li>• Deficiência na compactação;</li> <li>• Umidade excessiva em camadas de solo;</li> <li>• Falha na imprimação.</li> </ul>
	REMENDO	Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimentação. Apesar de ser uma atividade de conservação, é considerado um defeito por apontar um local de fragilidade e por impactar o conforto no rolamento. A deterioração de remendos é o conjunto de danos existentes em uma área de remendo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga de tráfego;</li> <li>• Emprego de material de má qualidade;</li> <li>• Ação do meio ambiente;</li> <li>• Má construção.</li> </ul>
	TRINCAS EM MALHA TIPO "BLOCO"	Conjunto de trincas interligadas formando blocos retangulares com lados bem definidos. Trata-se de defeito funcional (grandes trincamentos em bloco causam irregularidade) e estrutural (reduzem a integridade estrutural do pavimento).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contração da capa asfáltica devido à alternância entre altas e baixas temperaturas;</li> <li>• Baixa resistência à tração da mistura asfáltica.</li> </ul>

Fonte: CNT, 2019.

## 2.3 Manutenções comuns em pavimento urbano

Atividades de manutenção no pavimento devem ser realizadas de forma contínua, uma vez que o surgimento de defeitos é algo constante, provocado pelo fluxo de tráfego e os fenômenos ambientais (FERNANDES JUNIOR, ODA e ZERBINI, 2001).

Senço (2001) relata que a execução da atividade de manutenção é realizada por turmas com os devidos equipamentos necessários para a execução de reparos nas vias, obedecendo a três etapas: localização do defeito; determinação do reparo; execução do reparo.

### 2.3.1 Remendos

Arteris (2015) classifica os remendos em 3 categorias:

- Remendo Emergencial: é aplicado em panelas abertas pela chuva e que devem ser preenchidos sem demora, podem ser utilizadas misturas prontas do tipo reparador instantâneo a frio de pavimentos, ou similares que possuam o mesmo, ou melhor, desempenho comprovado.
- Remendo corretivo: são serviços limitados a pequenas áreas (máximo de 10 m<sup>2</sup>), não devem ser executados sob chuva a profundidade deve ser de, no máximo, a espessura do revestimento e deve ser feita uma pintura de ligação no fundo e nas paredes com emulsão RR-1C.
- Remendo profundo: Os reparos devem ser executados para corrigir a causa do defeito e evitar ou retardar sua recorrência, devem ser tomados cuidados para não permitir que estes reparos, no mesmo local, se tornem constantes e são remendos programados sem limitação de área, que por serem profundos, exigem o uso de materiais diferentes.

Uma operação tapa buracos requer procedimentos corretos, fazendo primeiro uma análise criteriosa seguida de um mapeamento de ruas e avenidas com a quantidade de buracos e a relação de distância entre eles. Para os locais que possuem quantidade grande de buracos, onde a área de influência é comprometida e a distância entre buracos é pequena, sugere-se a fresagem do pavimento por uma fresadora a frio (COELHO e RAUEN, 2016).

Coelho e Rauen (2016) abordam ainda que o procedimento técnico correto é cortar ao redor do buraco e de sua área de influência lateral, removendo o material comprometido de pavimento e de base, se for o caso. Após limpar toda a área interna do buraco recortado, recompor a base com agregados e compactar, utilizando placas vibratórias. Sobre a camada compactada, é necessário aplicar emulsão à temperatura indicada pelo fabricante e CBUQ até o nivelamento do buraco com o pavimento existente, obtido por meio da compactação. A Figura 8 demonstra a execução de remendo em uma via.

**Figura 8 – Operação tapa-buraco**



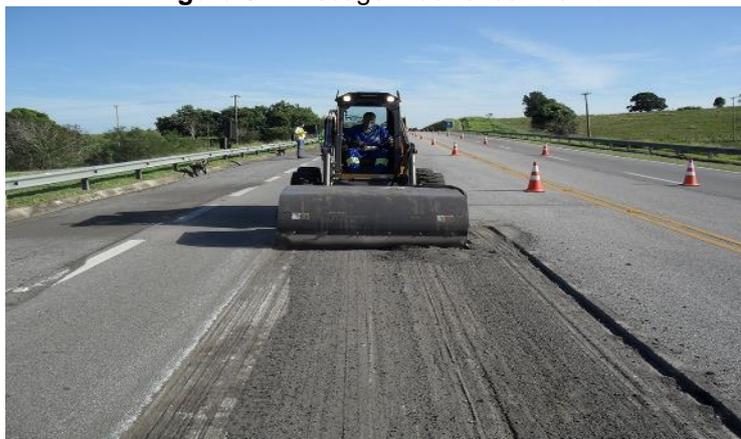
Fonte: Silveira, 2017.

### 2.3.2 Fresagem

Bonfim (2007) afirma que a fresagem do pavimento pode ser realizada de duas maneiras: a frio ou a quente, ou seja, quanto à temperatura de ocorrência.

Na fresagem do pavimento a frio, o processo é realizado na temperatura ambiente, sem o pré-aquecimento do pavimento, conforme mostra a Figura 9. O único tipo de aquecimento, apesar de desprezível no processo, refere-se à energia liberada pelo impacto dos dentes de corte no pavimento durante a fresagem (BONFIM, 2007).

Já na fresagem a quente a operação de corte acontece com o uso de máquinas especiais, oferece pouca resistência pelo fato da estrutura está aquecida e é realizada em parte ou em todo o revestimento asfáltico existente em um trecho de via, ou até englobando outra camada do pavimento, como forma de restauração da qualidade ao rolamento da superfície, ou como melhoria da capacidade de suporte (BERNUCCI *et al.*, 2010).

**Figura 9 – Fresagem do revestimento**

Fonte: Sindileq-CE, 2018.

### 2.3.3 Selagem de trincas

Arteris (2016) define a técnica da selagem de trinca como a aplicação de uma película de asfalto modificado sobre uma trinca inativa (Figura 10), de uma maneira geral, isolada, longitudinalmente ou transversalmente sem a necessidade de corte. A superfície a ser selada deverá estar limpa, seca e livre de fragmentos que não estejam firmemente aderidos a borda da trinca.

É necessário, realizar uma limpeza por meio de uma pressão de ar comprimido, se necessário, efetuando uma prévia escovação mecânica, para remover as bordas da trinca que não se encontrem firmemente aderidas (ARTERIS, 2016).

**Figura 10 – Aplicação de selante para trincas**

Fonte: Construobras, 2020.

## 2.4 Avaliações de pavimentos

As avaliações de pavimentos têm como principal objetivo estabelecer o nível de degradação da via, por meio da quantificação e identificação dos problemas superficiais, mantendo o pavimento eficiente e, conseqüentemente, garantindo a segurança e o conforto dos usuários (SILVA, 2006).

As avaliações de pavimentos podem ser categorizadas em 4 tipos:

### - Avaliação estrutural

Segundo Balbo (2007) a avaliação estrutural baseia-se na caracterização dos elementos e variáveis estruturais do pavimento, caracterizando seu comportamento por meio das cargas nele exercidas, bem como a sua capacidade de suporte para as demandas futuras de cargas.

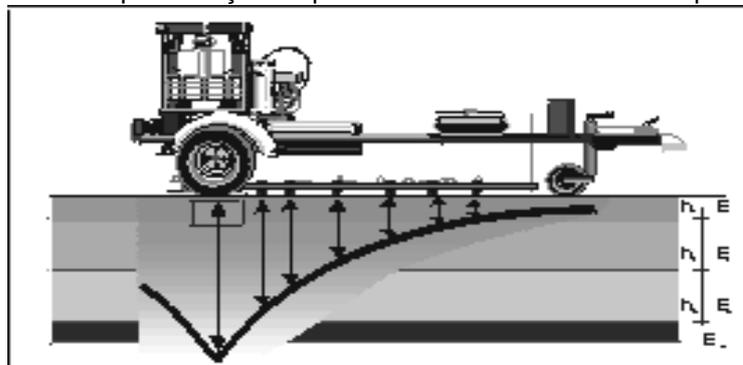
Os defeitos estruturais procedem da repetição das cargas e vinculam-se às deformações elásticas ou recuperáveis e plásticas ou permanentes. As deformações elásticas são avaliadas por defletômetros que medem os deslocamentos verticais, “deflexão” do pavimento, através de equipamentos de carregamento por impulso: *Falling Weight Deflectometer* – FWD ou por extensômetros: equipamentos de carregamento estático destinados a medir deflexões produzidas por uma alavanca interfixa, que é o caso da viga Benkelman (BERNUCCI *et al.*, 2010).

O FWD aplica pulsos de carga no pavimento em forma de ondas, que se propagam no interior da estrutura a velocidades finitas e são registradas em diferentes instantes através de sete sensores (Figura 11). As deflexões são medidas e armazenadas em um computador, que está ligado ao FWD através de um cabo. Simultaneamente, são registrados os valores de temperatura da superfície do revestimento e do ar, a força aplicada ao pavimento e a distância percorrida (MACÊDO, 1996).

Para Macêdo (1996) o FWD tem ainda seu uso restrito no controle construtivo quando comparado a utilização da Viga Benkelman para verificação de todas as camadas, sendo muito utilizado no levantamento das deflexões dos pavimentos antigos e da camada de rolamento dos pavimentos novos. O uso do FWD, permite obter toda a bacia de deflexão mais facilmente que a Viga Benkelman,

tornando possível fazer uma retroanálise e interpretar melhor os módulos elásticos das várias camadas em conjunto e na situação de campo.

**Figura 11** – Representação esquemática do defletômetro de impacto FWD

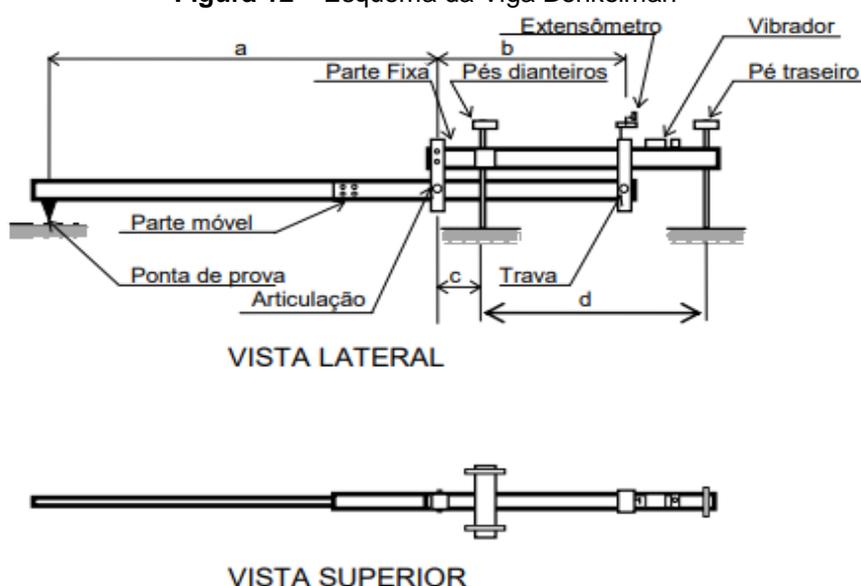


Fonte: Strata Engenharia, 2002 *apud* Fonseca, 2002 p. 18.

Na Viga Benkelman o extensômetro é acionado por uma alavanca interfixa (Figura 12) que possui uma relação conhecida entre o comprimento dos braços, onde:

A extremidade do braço maior contém a ponta de prova da viga. A extremidade do braço menor aciona um extensômetro com precisão de 0,01 mm. A viga é equipada com pequeno vibrador destinado a evitar eventuais inibições do ponteiro do extensômetro e dispõe de uma trava de proteção a ser utilizada por ocasião do transporte (DNIT, 2009, p.02).

**Figura 12** – Esquema da Viga Benkelman



Fonte: DNER-ME 024/94.

### - Avaliação de segurança

Segundo Bernucci *et al.* (2010) a avaliação da segurança envolve vários aspectos do pavimento, da sinalização, do comportamento humano etc. Quanto ao aspecto do pavimento, além do formato e irregularidade superficial, é importante

avaliar o atrito pneu-pavimento, principalmente em dias de chuva, que envolve o dimensionamento da resistência à derrapagem que é função da aderência.

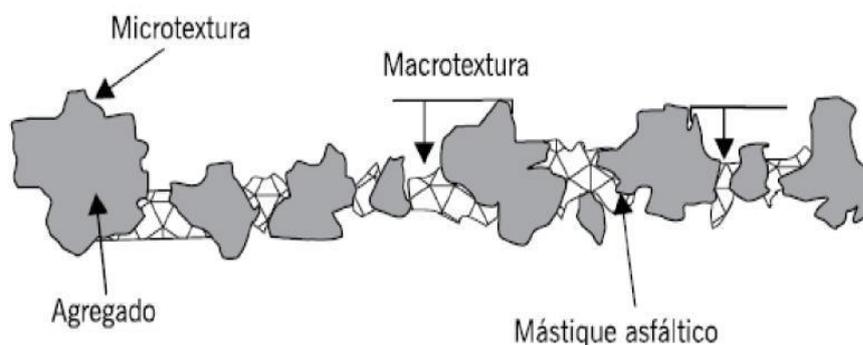
A aderência pneu-pavimento é habitualmente verificada por meio da obtenção do coeficiente de atrito existente nesta interface. A intensidade da força de atrito entre duas superfícies em contato é diretamente proporcional ao coeficiente de atrito e à intensidade da força normal entre as duas superfícies (SOUZA, 1994).

Dois motivos contribuem para a aderência pneu-pavimento: a textura superficial da pista e características dos pneus (ranhuras, pressão de inflação, dimensões e tipo). O contato de um pneu com um pavimento possui uma influência complexa, dependendo de fatores como adesão entre a borracha e o pavimento e a histerese decorrente da deformação do pneu provocada principalmente pelos agregados presentes na superfície (BERNUCCI *et al.*, 2010).

A textura superficial é uma característica geométrica da superfície do pavimento originário da junção de agregados e ligante. A classificação da textura depende do comprimento de onda ou distância entre dois picos ou depressões na superfície e pode ser dividida em 4 tipos: microtextura, macrotextura, irregularidades e megatextura – que interfere na dinâmica veicular e no contato do veículo com o pavimento (WAMBOLD, 1995).

De acordo com Bernucci *et al.* (2010) a microtextura está condicionada às propriedades mineralógicas da superfície dos agregados, onde o comprimento de onda varia entre 0 a  $0,5 \times 10^{-3}$  m e a amplitude de 0 a  $0,2 \times 10^{-3}$  m, já a macrotextura pode ser classificada como asperezas superficiais visíveis no pavimento, possui comprimento de onda de 0,5 a  $50 \times 10^{-3}$  m e amplitude de 0,2 a  $10 \times 10^{-3}$  m e é a principal responsável pela aderência entre o pneu e o pavimento. A Figura 13 representa os dois tipos de textura.

**Figura 13** – Micro e macrotextura na superfície de um revestimento asfáltico

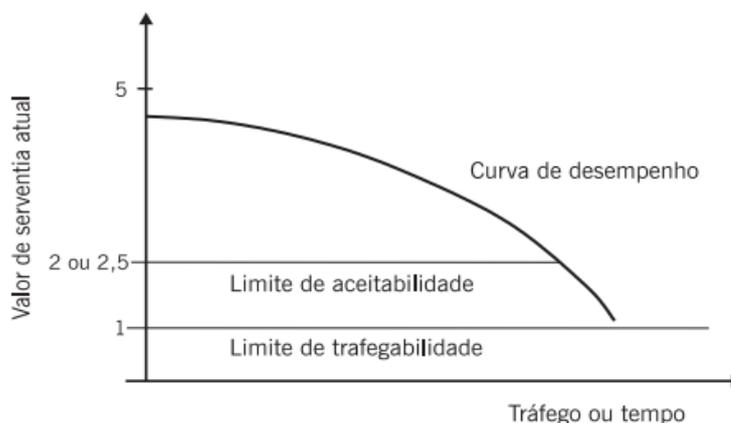


Fonte: Bernucci *et al.*, 2010.

### - Avaliação Subjetiva

Para Bernucci *et al.* (2010) a avaliação subjetiva de um pavimento é definida relacionando o conforto proporcionado ao rolamento e a segurança, onde os níveis de serventia demonstram a qualidade do pavimento em um determinado instante, já o desempenho pode ser definido como a variação da serventia ao longo do tempo ou do tráfego, conforme é representado na Figura 14.

**Figura 14** – Variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via



Fonte: Bernucci *et al.*, 2010.

DNIT (2003) afirma que o Valor de Serventia Atual - VSA é compreendido em uma escala de 0 a 5, dado pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento. Esta escala possui cinco níveis de serventia que podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Níveis de serventia do pavimento**

<b>PADRÃO DE CONFORTO AO ROLAMENTO</b>	<b>AVALIAÇÃO (FAIXAS DE NOTAS)</b>
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: DNIT006/2003 – PRO.

#### - Avaliação objetiva

A avaliação objetiva destina-se a conhecer quantitativamente o tipo de degradação superficial que o pavimento apresenta, uma vez que a condição de superfície de um pavimento asfáltico, suas causas e defeitos devem ser analisados, e atribuídos indicadores numéricos que determinem sua situação geral, a fim de possibilitar a identificação da melhor técnica para a sua reabilitação (BERNUCCI *et al.*, 2010).

##### *2.4.1 Avaliação objetiva de superfície através do IGG*

Zanchetta (2005) aponta que a empregabilidade do IGG no sistema de gerenciamento de pavimentos rodoviários possui algumas delimitações, por exemplo o fato de levar em consideração somente a quantidade de ocorrência das deformações. Outra restrição importante é não conceituar a dimensão e o nível de severidade dos defeitos, com exceção das trincas. Essas características delimitam o uso do índice no segmento de gerência de pavimento. Ademais, esse método requer uma duração maior para avaliar o trecho do pavimento.

DNIT (2003) afirma que o IGG permite classificar o estado geral de um determinado trecho homogêneo de pavimento, em função da incidência de defeitos de superfície. Ele é um indicador das condições do pavimento, muito útil para tomada de decisões conforme às intervenções de restauração necessárias, atribuindo-lhe conceitos variáveis segundo mostra a Tabela 2 a seguir:

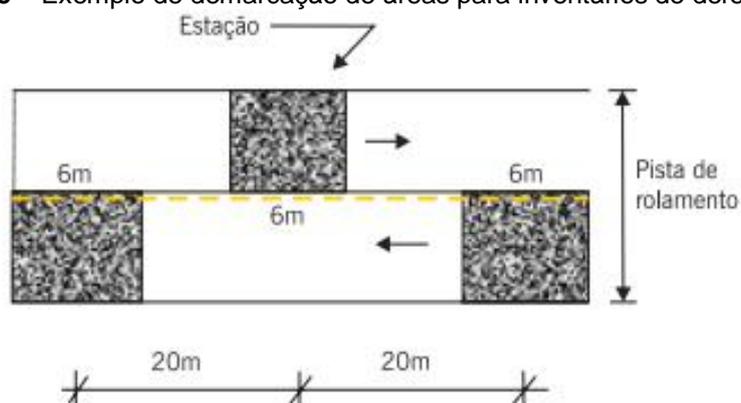
**Tabela 2** – Condição do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT 006/2003-PRO.

Bernucci *et al.* (2010) afirmam que para a condição do pavimento estabelecida pelo conceito e o levantamento dos defeitos, são utilizadas planilhas para anotações das ocorrências e material para demarcação de estacas e áreas da pesquisa. O IGG não é determinado para toda a área da pista, mas de forma amostral para algumas estações com área e distanciamento entre elas prefixados, analisando aproximadamente 15% da área total do pavimento em questão, pela especificação do DNIT.

As estações são inventariadas nas rodovias de pista simples a cada 20m, alternados entre faixas, portanto, em cada faixa a cada 40m; nas rodovias de pista dupla, a cada 20m, na faixa mais solicitada pelo tráfego. A superfície de avaliação corresponde a 3m antes e 3m depois de cada uma das estacas demarcadas, totalizando em cada estação uma área correspondente a 6m de extensão (Figura 15) e largura igual à da faixa a ser avaliada (BERNUCCI *et al.*, 2010).

**Figura 15** – Exemplo de demarcação de áreas para inventários de defeitos

Fonte: Bernucci *et al.*, 2010.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Classificação da Pesquisa

O procedimento metodológico utilizado nesse trabalho consiste em uma revisão bibliográfica em livros, artigos, normas nacionais, teses e dissertações que abordam esse tema. Trata-se uma pesquisa de caráter descritivo onde serão expostas as definições, especificações e características do Índice de Gravidade Global – IGG com intuito de proporcionar maior familiaridade deste assunto.

Após conhecer as características desse determinado índice, utilizando uma abordagem quali-quantitativa foi realizado, em campo, o levantamento dos dados dos trechos escolhidos para análise, gerando assim um comparativo posterior a cada processo de restauração. Quanto à natureza, o presente trabalho, pode ser categorizado como uma pesquisa aplicada.

#### 3.2 Localização dos trechos

As vias escolhidas para análise são localizadas na cidade de Caucaia, região metropolitana de Fortaleza e estão apresentadas no Quadro 2, bem como suas extensões e delimitações.

**Quadro 2** – Descrição das vias analisadas em Caucaia-CE.

VIA	MANUTENÇÃO	EXTENSÃO (m)	DELIMITAÇÃO
Avenida Dom Almeida Lustosa	Restauração	200m	Rua Acapulco e Rua Galiente.
Rua Joaquim Mota	Restauração	200m	Rua Quinze de Outubro e Rua Tobias Correia.
Rua Juaci Sampaio Pontes	Restauração	200m	Via Estruturante e Rua Pedro Grosso.
Rua Heribaldo Rodrigues	Recapeamento	200m	Rua Torreon e Rua Campeche.
Rua Cruzeiro Velho	Recapeamento	200m	Rua Manuel Ferreira e Rua José de Pontes

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

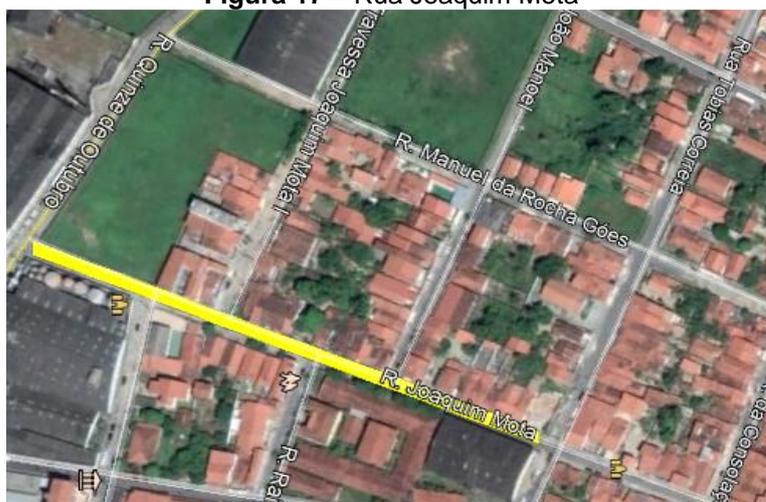
As Figuras 16 a 20 apresentam a demarcação dos trechos das vias escolhidas para análise.

**Figura 16 – Avenida Dom Almeida Lustosa**



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

**Figura 17 – Rua Joaquim Mota**

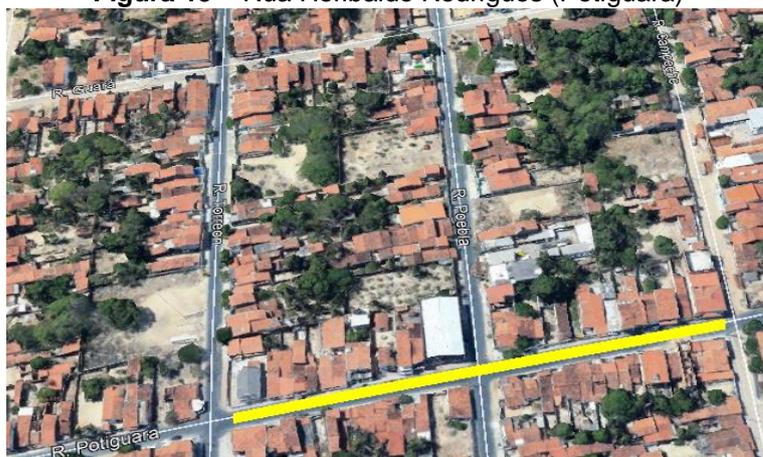


Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

**Figura 18 – Rua Juaci Sampaio Pontes**



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

**Figura 19 – Rua Heribaldo Rodrigues (Potiguara)**

Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

**Figura 20 – Rua Cruzeiro Velho**

Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

### 3.3 Materiais utilizados

Para o levantamento dos defeitos dos trechos analisados foram utilizados alguns equipamentos:

- Trena de fita de PVC (Figura 21).

Utilizada para conferir a metragem dos defeitos observados no pavimento e as distâncias delimitadas para cada trecho em análise.

**Figura 21** – Trena de fita de PVC.



Fonte: Casa da borracha, 2019.

- Cabo de madeira (Figura 22).

Utilizado para observar o nível do solo e medir o afundamento provocado em alguns trechos do pavimento.

**Figura 22** – Cabo de madeira



Fonte: Leroy Merlin, 2020.

- Cone Refletivo laranja/branco (Figura 23)

Utilizado para isolar a área de análise do trecho.

**Figura 23** – Cone refletivo



Fonte: Macrolub, 2019.

### 3.4 Método de cálculo IGG

Tal índice é constituído pela soma dos defeitos do Índice de Gravidade Individual – IGI. Para cada uma das ocorrências inventariadas, o IGI é obtido por meio da Equação 1, conforme DNIT (2003).

$$IGI = fr \times fp \quad (1)$$

Onde:

$fr$  = frequência relativa;

$fp$  = fator de ponderação.

No Quadro 3, são apresentados os valores de ponderação de cada tipo de patologia.

**Quadro 3 – Valor do Fator de Ponderação**

Ocorrência/Tipo	Codificação de Ocorrências de acordo com codificação de Ocorrências de acordo com norma 005/2002-TER	Fator de Ponderação
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL E TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação, quando em uma mesma estação for constatada ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem ( $fr$ ) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

A sistemática do DNIT (2003) permite não só uma análise das condições do pavimento acerca do IGG, como também uma interpretação detalhada do perfil de falhas ocorrentes em cada segmento homogêneo. O formulário de inventário do estado da superfície do pavimento e a planilha de Cálculo do IGG para cada segmento homogêneo escolhido estão apresentados nos Quadros 4 e 5.



Quadro 5 – Planilha de cálculo do IGG

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

Fonte: DNIT, 2006.

### 3.5 Instrução de serviço nº13 – DNIT

De acordo com as recomendações de desempenho do DNIT foi dado ênfase aos indicadores: flechas, trincas (classes 2 e 3), exsudações, ondulações, corrugações, escorregamentos e afundamentos (ALP, ATP, ALC e ATC). O Quadro 6 evidencia os indicadores e padrões exigidos de acordo com a instrução de serviço normativa nº13.

**Quadro 6 – Padrões de Desempenho Para a Aceitação de Obras de Restauração e de Pavimentos Novos – Revestimentos Asfálticos**

Elementos de referência	Indicador	Padrões exigidos
Pista de Rolamento	Flechas nas Trilhas de Roda	$F \leq 5,0\text{mm}$ em 100% das medidas obtidas
	Trincas Classes 2 e 3	0,0% de frequência relativa ou área
	Exsudação	0,0% de frequência relativa ou área
	Ondulação/Corrugação e Escorregamento	0,0% de frequência relativa ou área
	ALP, ATP e ALC, ATC	0,0% de frequência relativa ou área
	Deflexão Recuperável - Dp	$D_p \leq 1,1 \times D_{adm}$
	Raio de Curvatura - Rc	$R_c > 100$
Pista de Rolamento	QI / IRI	<u>Pavimentos novos:</u> - Concreto Asfáltico: QI $\leq 30$ cont./km ou IRI $\leq 2,3$ m/km - Tratamentos Superficiais ou misturas do tipo CPA, SMA, GAP – GRADED: QI $\leq 33$ cont./km ou IRI $\leq 2,5$ m/km. <u>Pavimentos restaurados:</u> - Concreto Asfáltico: QI $\leq 35$ cont./km ou IRI $\leq 2,7$ m/km - Tratamentos Superficiais ou misturas do tipo CPA, SMA, GAP – GRADED: QI $\leq 39$ cont./km ou IRI $\leq 3,0$ m/km.
	Condições de segurança	<u>Macrotextura:</u> Ensaio de Mancha de Areia*: graduação contínua – $0,4 \text{ mm} \leq HS \leq 0,6 \text{ MM}$ graduação descontínua, Tratamentos Superficiais, MICRO e LAMA – $0,6 \text{ mm} < HS \leq 1,2 \text{ mm}$ .
ACOSTAMENTOS	Degraus	O degrau máximo permitido entre a pista e o acostamento é de 5 cm.
	Obstáculos ou materiais perigosos	A partir da data final do Contrato não são admitidos obstáculos ou depósitos de materiais nos acostamentos que se constituam em risco para a segurança operacional.
	Defeitos	A partir da data final do Contrato não são admitidos quaisquer defeitos conforme previsto acima, buracos e deformações de qualquer natureza nos acostamentos.

Fonte: DNIT, 2013.

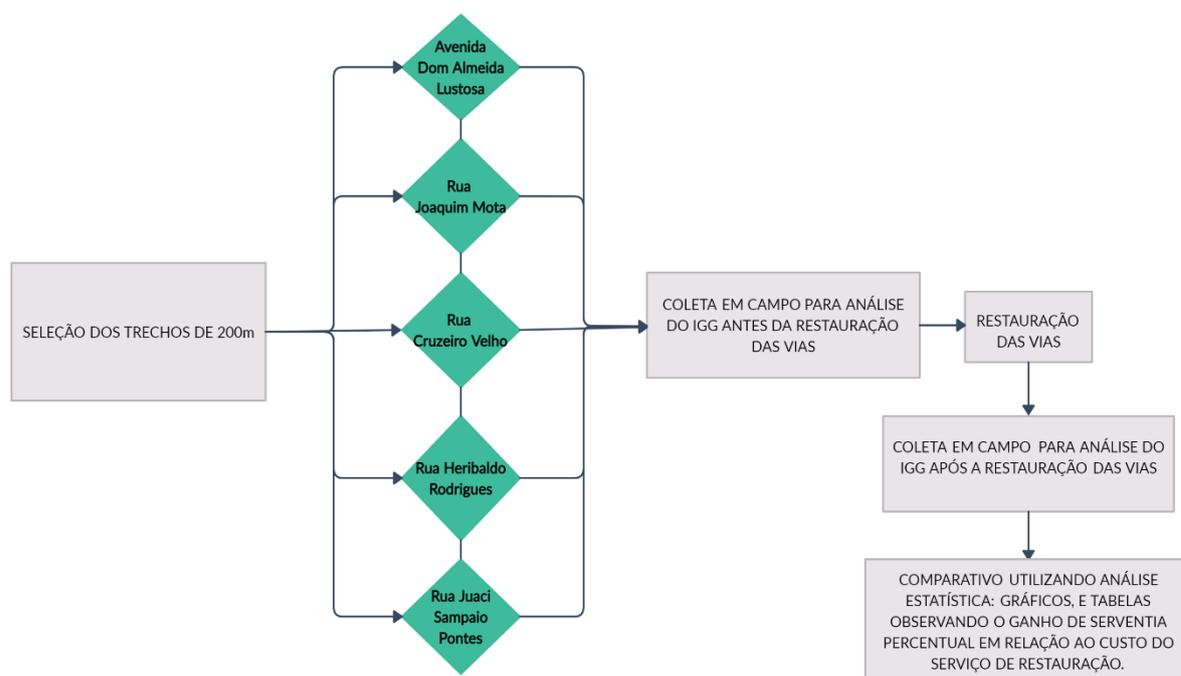
### 3.6 Dados de custos com Índice de Gravidade Global

Com base em dados coletados dos custos de revestimento investidos nas 5 vias escolhidas foi possível extrair a informação referente a qual serviço seria executado em cada rua: restauração ou reconstrução do pavimento. A partir dessas informações foi capaz de realizar a análise por metro linear do pavimento e relacionar com os valores de IGG obtidos antes e depois dos serviços de requalificação buscando uma correlação entre custos e variação do IGG.

### 3.7 Fluxograma

Este trabalho seguiu de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 24.

**Figura 24 – Fluxograma – sequência da análise do IGG**



Fonte: elaborado pela autora, 2020.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análise do IGG da Rua Joaquim Mota

Foi realizada a análise de um trecho de 200 metros da Rua Joaquim Mota, distribuídos a cada 20 metros, contabilizando o total de 10 estações. Os inventários utilizados em campo, antes e após a restauração da via, para o cálculo do IGG podem ser observados nas Figuras 25 e 26 e nos Quadros 7 e 8 estão dispostos cálculos do IGG.

Figura 25 – Inventário da Rua Joaquim Mota – antes da restauração

RODovia:		INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																		Data:				
TRECHO:		OPERADOR:																		Estado do				
SUBTRECHO:		REPERTEIRO TIPO:																		Cálculo				
Joaquim Mota (ANTES)																								
Estação Ou Km	Seção Temp.	OK	Furos Isolados					PC2 J(2)	PC3 TB (2)	JE (3)	TBE (4)	AL F (5)	AT P (6)	D (7)	P (8)	ER (9)	S (10)	R (11)	AL C (12)	AT C (13)	E	Flechas		CBS
			R(1)	TC (1)	TL (2)	LC (3)	LL (4)															TR (5)	TR	
E1																								
E2																								
E3				X					X					X		X	X						1	
E4				X																				
E5								X			X					X	X					4		
E6																								
E7				X					X					X		X								
E8				X										X		X							1	
E9																	X						2	
E10				X		X										X								

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.



**Quadro 8 – Planilha de cálculo da Rua Joaquim Mota – depois da restauração**

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua Joaquim Mota			Tipo de Revestimento: CBUQ			Estaca ou Quilômetro Inicial:	Estaca ou Quilômetro Final:
Trecho:			Data:				
Sub-trecho:			Folha:				
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI		Frequência Relativa (%)		Coefficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	1		10%		0,20	2,00
2	(FC-2) J, TB	0		0%		0,50	0,00
3	(FC-3) JE, TBE	0		0%		0,80	0,00
4	ALP e/ou ATP	0		0%		0,90	0,00
5	O e/ou P	0		0%		1,00	0,00
6	EX	0		0%		0,50	0,00
7	D	0		0%		0,30	0,00
8	R	0		0%		0,60	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRI =	0,3	TRE =	0,2	0,25	0,33
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRlv =	0,23	TREv =	0,18	0,21	0,21
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES =		10		Σ IND.GRAV.IND = IGG =		2,54	
1A) IGG = F x 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50				Conceito =	ÓTIMO
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50					

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

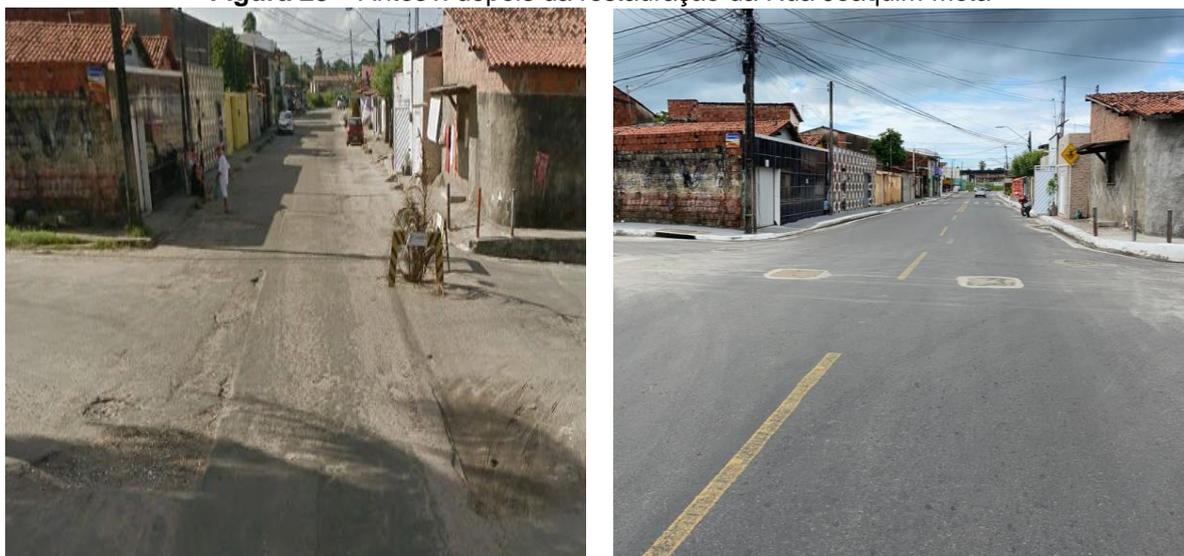
Observou-se, no levantamento feito antes da restauração, a constatação de alguns defeitos, como é o caso dos desgastes e das trincas transversais curtas. Após a restauração da via, o IGG passou do estado ruim com valor 99,65, para o estado ótimo, com um valor final de 2,54, houve, então, uma queda acentuada de 97,45% apresentando apenas uma única trinca longitudinal curta (Figura 27) que pode ter sido acarretada por má execução da junta longitudinal de separação entre as duas faixas de tráfego, um recalque diferencial ou, ainda, contração de capa asfáltica devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto.

**Figura 27 – Defeito no pavimento após a restauração**

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

De acordo com DNIT (2013) em relação a pista de rolamento para flechas e trincas o pavimento atendeu ao padrão de desempenho para a aceitação de obras de restauração e de pavimentos novos, portanto, o serviço de restauração realizado foi eficaz. Na Figura 28 pode ser observado a imagem de antes e depois da Rua Joaquim Mota.

**Figura 28 – Antes x depois da restauração da Rua Joaquim Mota**



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

#### **4.2 Análise do IGG da Rua Juaci Sampaio Pontes**

Foi realizada a análise de um trecho de 200 metros da Rua Juaci Sampaio Pontes a cada 20 metros, contabilizando o total de 10 estações. Os inventários utilizados em campo, antes e após a restauração da via, para o cálculo do IGG, bem como os demais dados, estão dispostos no Apêndice A.

Observou-se, no levantamento feito antes da restauração, que alguns defeitos apareceram em todas as estações, como é o caso dos desgastes, além de trincas transversais curtas e trincas longitudinais curtas que se manifestaram repetidamente. Após a restauração da via, o IGG passou do estado ruim com valor 102,30 para o estado ótimo, com um valor final de 11,79, houve, então, uma queda acentuada de 88,47%. Observou-se uma trinca em malha tipo “couro de jacaré” e um remendo (Figura 29), após o serviço de restauração realizado.

**Figura 29** – Defeitos no pavimento após a restauração



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Após a restauração do pavimento, a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (GACECE) realizou um corte no asfalto para executar ligação de esgoto em uma determinada residência, por isso o aparecimento de um remendo no pavimento novo. Em relação ao defeito trinca em malha tipo “couro de jacaré”, observado na avaliação da superfície, existem algumas possíveis causas que podem ter acarretado esse tipo de problema no pavimento, como subdimensionamento, má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento ou ainda baixa capacidade de suporte do solo. A Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA), informou que o defeito será sanado com as devidas manutenções.

Apesar do IGG ter diminuído significativamente, em relação à pista de rolamento, o pavimento não atendeu ao padrão de desempenho para a aceitação de obras de restauração e de pavimentos novos imposto pelo DNIT (2013). Na Figura 30 pode ser observada a imagem de antes e depois da Rua Juaci Sampaio Pontes.

**Figura 30 – Antes x depois da Rua Juaci Sampaio Pontes**



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

### **4.3 Análise do IGG da Rua Cruzeiro Velho**

Foi realizada a análise de um trecho de 200 metros da Rua Cruzeiro Velho a cada 20 metros, contabilizando o total de 10 estações. Os inventários utilizados em campo, antes e após a restauração da via, para o cálculo do IGG, bem como os demais dados, estão dispostos no Apêndice A.

Observou-se, no levantamento feito antes da restauração, que alguns defeitos apareceram repetidamente em muitas estações, como é o caso dos desgastes e das trincas transversais curtas e trincas longitudinais curtas. Outros defeitos que também foram observados nessa rua em grande escala foram remendos e trinca em malha tipo “couro de jacaré”. Após a restauração da via, o IGG passou do estado ruim com valor 111,32 para o estado ótimo, com um valor final de 0,5, houve, então, uma queda acentuada de 99,55%.

De acordo com DNIT (2013) em relação a pista de rolamento para flechas, que foram as únicas observações encontradas após o recapeamento executado, o pavimento atendeu ao padrão de desempenho para a aceitação de obras de restauração e de pavimentos novos, portanto, o serviço realizado na via foi eficaz. A Figura 31 apresenta a imagem de antes e depois da Rua Cruzeiro Velho.

**Figura 31 – Antes x depois da Rua Cruzeiro Velho**

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

#### **4.4 Análise do IGG da Av. Dom Almeida Lustosa**

Foi realizada a análise de um trecho de 200 metros da Av. Dom Almeida Lustosa a cada 20 metros, contabilizando o total de 10 estações. Os inventários utilizados em campo, antes e após a restauração da via, para o cálculo do IGG, bem como os demais dados, estão dispostos no Apêndice A.

Observou-se, no levantamento feito antes da restauração, que alguns defeitos apareceram em todas as estações, como é o caso dos desgastes, as trincas transversais curtas e trincas longitudinais curtas foram observadas com frequência relativa igual a 80%, ou seja, em quase todas as estações também. Outros defeitos que também puderam ser observados nessa rua foram remendos, trinca em malha tipo “couro de jacaré” e buracos em alguns trechos analisados. Após a restauração da via, o IGG passou do estado ruim com valor 93,65 para o estado ótimo, com um valor final de 0,22, houve, então, uma queda acentuada de 99,77%.

De acordo com DNIT (2013) em relação a pista de rolamento para flechas, que foram as únicas observações encontradas após a restauração executada, o pavimento atendeu ao padrão de desempenho para a aceitação de obras de restauração e de pavimentos novos, portanto, o serviço realizado na via foi eficaz. A Figura 32 apresenta a imagem de antes e depois da Av. Dom Almeida Lustosa.

**Figura 32 – Antes x depois da Av. Dom Almeida Lustosa**

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

#### **4.5 Análise do IGG da Rua Heribaldo Rodrigues**

Foi realizada a análise de um trecho de 200 metros da Rua Heribaldo Rodrigues a cada 20 metros, contabilizando o total de 10 estações. Os inventários utilizados em campo, antes e após a restauração da via, para o cálculo do IGG, bem como os demais dados, estão dispostos no Apêndice A.

Observou-se, no levantamento feito antes da restauração, que alguns defeitos apresentaram frequência relativa igual a 80% como é o caso dos desgastes, seguido dos remendos que foram observadas em 60% dos trechos analisados. Outros defeitos como buracos, afundamentos, trincas transversais curtas, trincas longitudinais curtas e exsudações também foram observados nessa rua. Após a restauração da via, o IGG passou do estado ruim com valor 135,15 para o estado ótimo, com um valor final de 0,71, houve, então, uma queda acentuada de 99,47%.

De acordo com DNIT (2013) em relação a pista de rolamento para flechas, que foram as únicas observações encontradas após a restauração executada, o pavimento atendeu ao padrão de desempenho para a aceitação de obras de restauração e de pavimentos novos, portanto, o serviço realizado na via foi eficaz. A Figura 33 apresenta a imagem de antes e depois da Rua Heribaldo Rodrigues.

**Figura 33** – Antes x depois da Rua Heribaldo Rodrigues



Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

#### **4.6 Análise dos valores de IGG antes e depois da atividade de reparo do pavimento**

Obtidos os valores de IGG antes e após cada requalificação realizada, foi possível observar que:

- A Rua Joaquim Mota apresentou uma melhora de 97,35%, sendo o valor do IGG inicialmente de 99,65, passando a ser de 2,64 no final. No entanto, foi preciso investir R\$ 3.026,56/metro. Na rua em questão foram contempladas, também, as camadas subjacentes do revestimento;
- A Rua Juaci Sampaio Pontes apresentou uma melhora de 88,48%, sendo o valor do IGG inicialmente de 102,30, passando a ser de 11,79 no final. No entanto, foi preciso investir R\$ 3.144,24/metro. Na rua em questão foram contempladas, também, as camadas subjacentes do revestimento;
- A Rua Cruzeiro Velho apresentou uma melhora de 99,55%, sendo o valor do IGG inicialmente de 111,32, passando a ser de 0,5 no final. O valor investido nessa rua foi de R\$ 1.176,22/metro;
- A Rua Heribaldo Rodrigues apresentou uma melhora de 99,47%, sendo o valor do IGG inicialmente de 135,15, passando a ser de 2,64 no final. O valor investido nessa rua foi de R\$ 1.241,24/metro;
- A Avenida Dom Almeida Lustosa apresentou uma melhora de 99,77%, sendo inicialmente de 93,65, passando a ser de 0,22 o valor final do IGG. No entanto, foi

preciso investir R\$ 2.569,82/. Na rua em questão foram contempladas, também, as camadas subjacentes do revestimento.

O resumo das variações e do custo/metro estão apresentados no Quadro 9. A dissemelhança dos custos ocorre devido ao tipo de serviço executado.

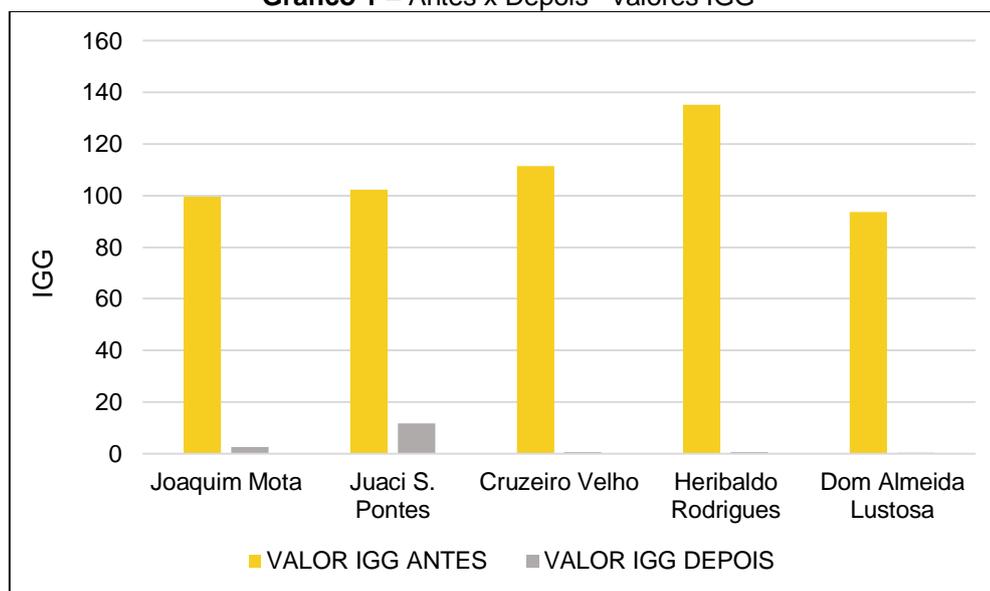
**Quadro 9 – Variações e custo/metro IGG**

IGG				
VIAS	ANTES	DEPOIS	VARIAÇÃO (%)	CUSTO/METRO (R\$)
Av. Dom Almeida Lustosa	93,65	0,22	99,77	R\$ 2.569,82
Rua Joaquim Mota	99,65	2,64	97,35	R\$ 3.026,56
Juaci Sampaio Pontes	102,3	11,79	88,48	R\$ 3.144,24
Cruzeiro Velho	111,32	0,5	99,55	R\$ 1.176,22
Heribaldo Rodrigues	135,15	0,71	99,47	R\$ 1.241,24

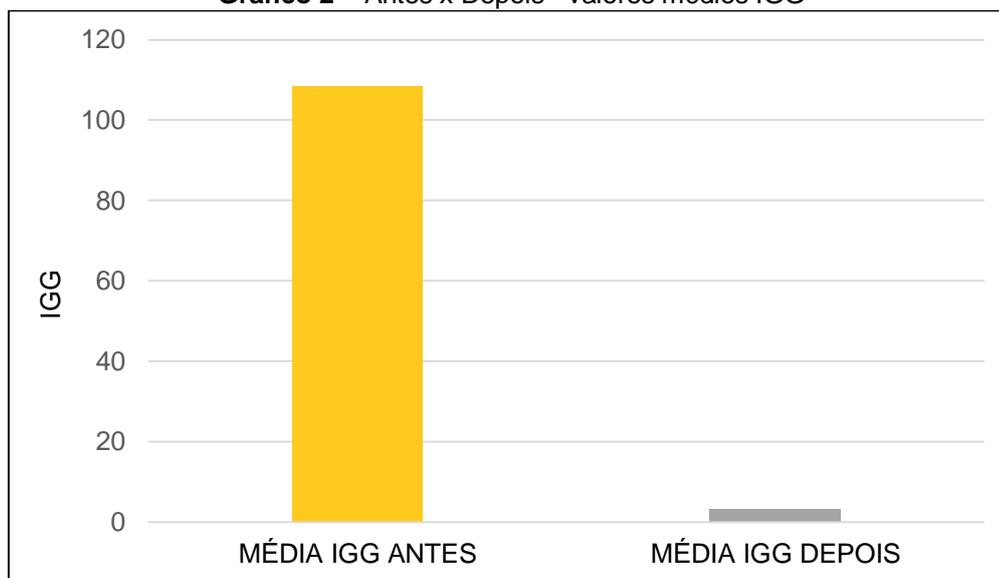
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

O Gráfico 1 demonstra os valores de IGG de cada rua e o Gráfico 2 ilustra a média dos valores de IGG antes e após as requalificações executadas.

**Gráfico 1 – Antes x Depois - valores IGG**



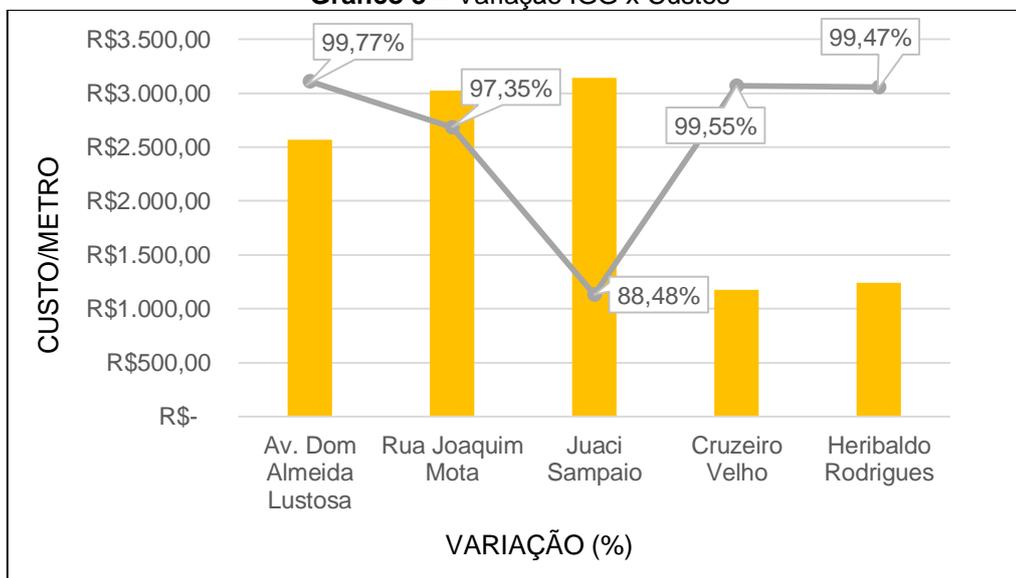
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

**Gráfico 2 – Antes x Depois - valores médios IGG**

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

#### 4.7 Variação IGG x Custos

Analisando a variação percentual entre o IGG e o custo/metro investido em cada rua foi possível chegar aos resultados de variação (%) e custo/metro (Gráfico 3).

**Gráfico 3 – Variação IGG x Custos**

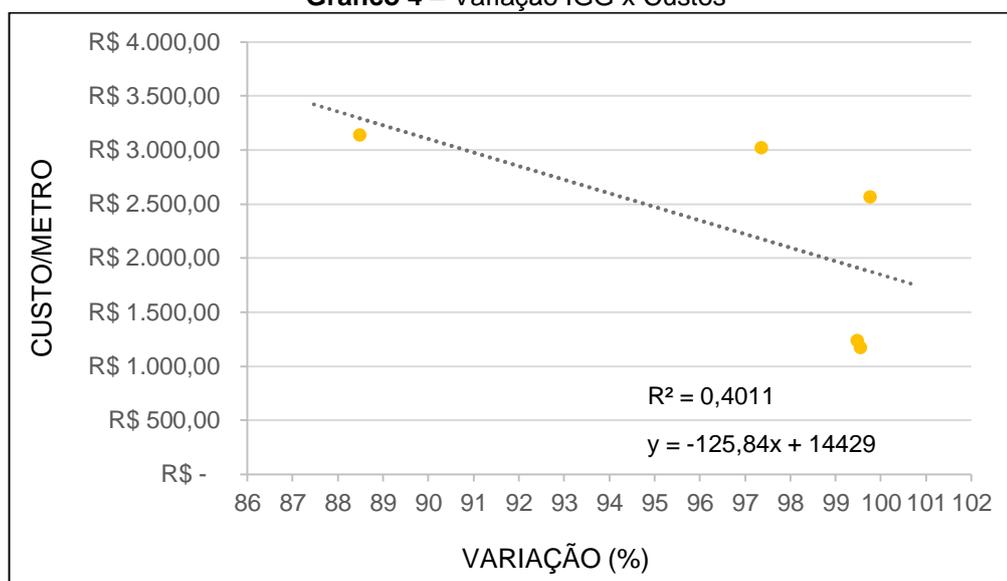
Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

O coeficiente de correlação foi de aproximadamente 40% (Gráfico 4), que pode ser observado pelo valor de  $R^2$ . A baixa correlação foi, possivelmente, devido ao fato do IGG analisar somente a camada superficial do pavimento, pois apenas um recapeamento ou serviços de tapa buraco podem diminuir bastante o IGG e o custo

pode ser um valor menor por metro. É de suma importância salientar que as vias escolhidas para análise pertencem a lotes de empresas distintos, possuindo assim formas diferentes de trabalhabilidade.

No entanto, o IGG não analisa a parte estrutural do pavimento, e, os custos envolvidos, de certo modo interferiram na estrutura do pavimento, pois houve atividades de reconstrução do pavimento, vindo desde as camadas granulares até a camada de rolamento.

**Gráfico 4 – Variação IGG x Custos**



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho avaliou 5 vias do município de Caucaia por meio da análise do Índice de Gravidade Global antes e depois das requalificações previstas para cada trecho. Deste modo, se fundamentou nos seguintes objetivos específicos:

- I. Determinar o percentual de melhora gerado pela manutenção;
- II. Realizar um comparativo dos custos necessários investidos em cada via;
- III. Analisar a aplicabilidade do IGG em vias urbanas do município de Caucaia-CE;
- IV. Verificar a correlação entre custos de manutenção e IGG.

Por consequência do que foi exposto, o trabalho seguiu as metas apresentadas para cada etapa de avaliação de resultados, objetivando auxiliar no desenvolvimento de mecanismos para a classificação dos valores de IGG calculados, bem como os custos investidos em cada via.

Dessarte, os valores de IGG calculados antes da requalificação realizada em cada via variou entre 93,65 na Avenida Dom Almeida Lustosa até 135,15 na Rua Heribaldo Rodrigues. Após a requalificação os valores máximos e mínimos de IGG caminharam entre 11,79 na Rua Juaci Sampaio Pontes até 0,22 na Av. Dom Almeida Lustosa.

O modelo matemático utilizado para calcular o coeficiente de correlação pôde ser observado com valor de  $R^2 = 0,4011$ , estabelecido através de regressão linear. A baixa correlação de  $R^2$  deu-se devido ao fato de ocorrer um gasto três vezes maior em algumas ruas que foram totalmente reconstruídas para chegar a um resultado semelhante de IGG das demais vias que contemplaram, apenas, serviços de recapeamento.

Através das requalificações realizadas nas vias foi possível perceber significativa melhora em todos os trechos, quando comparada a situação encontrada antes e depois dos serviços executados, por saírem do estado “ruim” para “ótimo” nas 5 situações analisadas, em vias urbanas, através dos valores do IGG. Em campo, foi possível perceber também significativa melhora nos quesitos drenagem e sinalização de todas as vias analisadas após as manutenções executadas.

Apesar do método estudar apenas a camada superficial do pavimento, considerando somente os tipos dos defeitos e a frequência com que eles ocorrem, é um procedimento para ser melhor empregado quando se necessita de uma avaliação aparente e geral, por ele ser mais fácil de aplicar, avaliar e permitir uma tomada de decisão rápida por parte dos órgãos responsáveis. Seria de grande relevância se as avaliações superficiais, de uma forma geral, fossem realizadas anualmente alimentando uma base de dados para que, assim, fosse possível ter uma gerência de pavimento eficiente, possivelmente adotando um índice de melhora percentual maior que 90% ou 95%.

Não obstante, vale ressaltar que mesmo o método sendo classificado como de fácil aplicabilidade e não exigir altos custos para sua realização, requer um determinado tempo e mão de obra para ser executado, sendo, então, interessante o uso de instrumentos automatizados, como os que atuam à base de sensores a laser para medir a irregularidade transversal, por exemplo, entretanto, é um recurso que gera um custo elevado para o levantamento. Outro aspecto negativo vinculado ao IGG é que o método não considera a dimensão e o nível de severidade dos defeitos, com exceção das trincas.

Deste modo, para trabalhos futuros, considera-se válida a execução de uma avaliação estrutural para alguns defeitos que não foram sanados somente com a avaliação funcional. Outro aspecto interessante é a realização do método avaliativo através do IGG com variedade de amostras e grandes extensões, podendo, então, os resultados encontrarem parâmetros com valores expressivos. Por conseguinte, a pesquisa forneceria a vasta possibilidade de comparação entre os trechos, determinando quais mudanças foram mais significativas para a análise.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnicas. NBR 14948: **Microrrevestimentos asfálticos a frio modificados por polímero - Materiais, execução e desempenho.** Rio de Janeiro, 2003.
- ARTERIS – ES. **Remendos em pavimentos.** 2015. Disponível em: <http://www.arteris.com.br/wp-content/uploads/2018/07/ARTERIS-ES-013.Remendos-de-Pavimento-REM-PAV-REV-8.pdf>. Acesso em: 13 out. 2020.
- \_\_\_\_\_. – ES. **Selagem de trincas.** 2016. Disponível em: <https://www.arteris.com.br/wp-content/uploads/2019/10/ARTERIS-029-Sela-Trinca.pdf>. Acesso em: 17 out. 2020.
- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração.** 2007.
- BARTOLI *et al.* **Pavimentação urbana: Orçamentos e custos.** 1. ed. - Brasília: CONFEA/CREA, 2005.
- BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro, Brasil: Petrobras, 2010.
- BONFIM, V. **Fresagem de pavimentos asfálticos.** 3ª edi. revisado e atualizado. São Paulo, 2007.
- CASA DA BORRACHA. **Trena 50m.** 2019. Disponível em: <https://casadaborracha.com.br/produto/trena-50m/>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- COELHO, J; RAUEN, W. **Tampar buracos ou recapear? Conheça tecnologias de asfalto.** 2016. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/tampar-buracos-ou-recapear-conheca-tecnologias-de-asfalto/13249>. Acesso em: 19 out. 2020.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). CNT. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias.** Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2019. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/conheca-principais-defeitos-pavimento>. Acesso em: 02 out. 2020.
- \_\_\_\_\_. CNT. **Distribuição de Tensões no Pavimento Asfáltico.** Brasília: Pesquisa CNT de Rodovias, 2016.
- \_\_\_\_\_. CNT. **Pesquisa de Rodovias.** Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2019. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.
- CONSTRUOBRAS. **Selante de Trincas e Fissuras para Pavimentos Produtos e Equipamento.** 2020. Disponível em: <http://construobras.net.br/selante-trincas/>. Acesso em: 19 out. 2020.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM (DNER). DER/PR – ES 386: **Pavimentação - pré misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito.** Rio de Janeiro, 1999. 15 p.

\_\_\_\_\_. DNER-ME 024/94: **Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman**. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/metodo-de-ensaio-me/dner-me024-94.pdf>. Acesso em: 26 set. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). DNIT - ES 031. **Instrução de Serviço/DG Nº13**. Rio de Janeiro, 2013. 6 p.

\_\_\_\_\_. DNIT. **Norma DNIT - 001/2002-PRO. Delineamento da Linha de Influência Longitudinal da Bacia de Deformação por Intermédio da Viga Benkelman**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. 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**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2003.

Exército Brasileiro. 1º B Fv. Ministério da Defesa. **1º b fv executa micro revestimento asfáltico na br-116**. 2017. Disponível em: [http://www.eb.mil.br/web/haiti/noticias-brabat/-/asset\\_publisher/7axe0reuvUKr/content/1-b-fv-micro-revestimento-asfaltico-na-br-116/8032597](http://www.eb.mil.br/web/haiti/noticias-brabat/-/asset_publisher/7axe0reuvUKr/content/1-b-fv-micro-revestimento-asfaltico-na-br-116/8032597). Acesso em: 30 set. 2020.

FARIA, V. **Prefeitura investe na aquisição de usina de lama asfáltica**. 2018. Disponível em: <https://site.campoverde.mt.gov.br/2018/01/prefeitura-investe-na-aquisicao-de-usina-de-lama-asfaltica/>. Acesso em: 30 set. 2020.

FERNANDES, Júnior, J.L.; Oda, S.; Zerbini, L.F. **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos**. Apostila. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2001.

FIRCON CONSTRUÇÃO CIVIL Ltda. **Tratamento superficial com emulsão**. 2014. Disponível em: <http://www.fircon.com.br/nossos-produtos/644/tratamento-superficial-com-emulsao>. Acesso em: 03 out. 2020.

FONSECA, J. L. G. **Um Método de Retroanálise de Bacias de Deflexão de Pavimentos**. Rio de Janeiro, 2002.

LEROY MERLIN. **Cabo para pá madeira**. 2020. Disponível em: [https://www.leroymerlin.com.br/cabo-para-pa-madeira-120cm-tramontina\\_89839820](https://www.leroymerlin.com.br/cabo-para-pa-madeira-120cm-tramontina_89839820). Acesso em: 18 nov. 2020.

MACÊDO, J.A.G. **Interpretação de Ensaios Defletométricos para Avaliação estrutural de Pavimentos Flexíveis – A experiência com FWD no Brasil**. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

MACROLUB. **Cone refletivo 75 centímetros laranja e branco**. 2019. Disponível em: <https://www.macrolub.com.br/cone-refletivo-75-centimetros-laranja-e-branco--nbr----un---plastc/p>. Acesso em: 18 nov. 2020.

NASCIMENTO, H.R; REIS, R.M. **Camadas porosas de atrito com utilização de asfalto modificado com polímeros**. São Paulo, 1999.

PINTO, S. **Pavimentação asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**. 5. ed. Rio de Janeiro, 2019.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 1. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, Marcelo C. **Avaliação funcional e estrutural das vias asfaltadas do campus da UFV**. 111 p. Dissertação de Pós-Graduação (Engenharia Civil-Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3810>. Acesso em: 10 out. 2020.

SILVEIRA, Flávio. **Pior que a “indústria da multa”, a indústria tapa-buraco destrói seu carro, causa acidentes e torra seu dinheiro**. 2017. Disponível em: <https://motorshow.com.br/blog-sobre-rodas-pior-que-a-industria-da-multa-a-industria-tapa-buraco-destroi-seu-carro-causa-acidentes-e-torra-seu-dinheiro/>. Acesso em: 19 out. 2020.

SINDILEQ-CE. **Fresas têm aplicação em obras de recuperação e construção de pavimentos**. 2018. Disponível em: <https://sindileqce.org.br/noticia/fresas-tem-aplicacao-em-obras-de-recuperacao-e-construcao-de-pavimentos/>. Acesso em: 18 out. 2020.

SOUZA, F.S.V.; NEVES, M.A.; BARROS, R.M.V. **Avaliação da resistência à derrapagem nas rodovias do estado do Espírito Santo**. Belo Horizonte, MG, 1994. 28 p.

TEIXEIRA, L. H. **Tratamento Superficial**. Asfalto em revista. Rio de Janeiro, 2012.

TERRENA ASFALTOS E PAVIMENTAÇÕES. **Asfalto quente CBUQ**. 2017. Disponível em: <http://terrenaasfaltos.com.br/servicos-de-pavimentacao/asfalto-quente-cbuq/>. Acesso em: 03 ago. 2020.

VENESCAU, R. **Tipos de revestimento**. Engenharia Rodoviária – Teoria e aplicações. Fortaleza, 2020.

WAMBOLD, J. C.; Antle, C. E.; Henry, J. J. e Rado, Z. **International PIARC. Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements**. Paris, França, 1995.

ZANCHETTA, Fábio. **Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo, 2005.

**APÊNDICE A – DADOS DA AVALIAÇÃO FUNCIONAL FEITA POR MEIO DO  
ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL**

**Rua Joaquim Mota**



Antes da reconstrução do pavimento.



Antes da reconstrução do pavimento.



Depois da reconstrução do pavimento.

### Rua Juaci Sampaio Pontes



Antes da reconstrução do pavimento.



Depois da reconstrução do pavimento.

RODINA:		SINTESE DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO														Data:		Pais:								
TRENHO:																Estado ou Município		Estado ou Município								
SABRECHO:																										
		OPERADOR:																								
		REVESTIMENTO TIPO:																								
Juaci Sampaio Pontes (ANTES)																										
Estaca ou Km	Seção Transp.	OK	R (1)	ITC (1)	ITL (2)	FLC (3)	ILL (1)	IVR (2)	J (2)	TS (2)	LE (5)	TEE (6)	AL (4)	AY (4)	D (3)	F (3)	EL (3)	D (7)	R (4)	AL (4)	AY (4)	E	Resaca TR	Resaca TVE	OBS.	
E1				X		X																		0	1	
E2																X		X						1		
E3				X		X										X		X						1	1	
E4				X		X												X	X					0	1	
E5																	X	X	X					0	2	
E6																X		X	X							
E7				X		X	X		X										X							
E8				X	X		X	X		X									X							
E9				X	X			X											X							
E10				X	X		X	X		X	X								X							

Inventário da Rua Juaci Sampaio Pontes – Antes.

RODOVIA: SIVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO															Data:		Folha:			
TRECHO:															Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro			
SUBTRECHO:																				
REVESTIMENTO TIPO:																				
Juaci Sampaio Pontes (DEPOIS)																				
Estaca ou Km	Folha ou Tarap.	Cx	Flechas (mm)					FC-1 (1)	FC-2 (2)	ALP (3)	ATP (4)	O (5)	EX (6)	D (7)	R (8)	ALC (9)	ATC (10)	Flechas		Obs.
			TTC (1)	TTL (2)	TLC (3)	TLL (4)	TRR (5)											TRI (6)	TRE (7)	
E1																		0	0	
E2												X						1	1	
E3																		0	0	
E4															X			0	1	
E5																		0	1	
E6																		1	0	
E7																		1	1	
E8																		0	0	
E9																		0	1	
E10																		0	0	

Inventário da Rua Juaci Sampaio Pontes – Depois.

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua Juaci Sampaio Pontes			Tipo de Revestimento: CBUQ			Estaca ou Quilômetro Inicial:	Estaca ou Quilômetro Final:
Trecho:			Data:				
Sub-trecho:			Folha:			Coeficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI	Frequência Relativa (%)				
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	7	70%		0,20	14,00	
2	(FC-2) J, TB	3	30%		0,50	15,00	
3	(FC-3) JE, TBE	0	0%		0,80	0,00	
4	ALP e/ou ATP	0	0%		0,90	0,00	
5	O e/ou P	3	30%		1,00	30,00	
6	EX	0	0%		0,50	0,00	
7	D	10	100%		0,30	30,00	
8	R	2	20%		0,60	12,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRI =	0,4	TRE =	1,1	0,75	1,00
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRIV =	0,27	TREv =	0,32	0,30	0,30
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES =		10	Σ IND.GRAV.IND = IGG =			102,30	
1A) IGG = F x 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			Conceito =	RUIM	
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50					

Cálculo IGG depois da reconstrução – Rua Juaci Sampaio Pontes.

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					
Rodovia: Rua Juaci Sampaio Pontes		Tipo de Revestimento: CBUQ		Estaca ou Quilômetro Inicial:	Estaca ou Quilômetro Final:
Trecho:		Data:			
Sub-trecho:		Folha:			
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI	Frequência Relativa (%)	Coefficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0%	0,20	0,00
2	(FC-2) J, TB	1	10%	0,50	5,00
3	(FC-3) JE, TBE	0	0%	0,80	0,00
4	ALP e/ou ATP	0	0%	0,90	0,00
5	O e/ou P	0	0%	1,00	0,00
6	EX	0	0%	0,50	0,00
7	D	0	0%	0,30	0,00
8	R	1	10%	0,60	6,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRI = 0,3	TRE = 0,5	0,4	0,53
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRIV = 0,23	TREv = 0,28	0,26	0,26
N° TOTAL DE ESTAÇÕES = 10		Σ IND.GRAV.IND = IGG =		11,79	
1A) IGG = F x 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Conceito =	ÓTIMO
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50			

Cálculo IGG depois da reconstrução - Rua Juaci Sampaio Pontes.

### Rua Cruzeiro Velho



Antes da restauração do pavimento.



Antes da restauração do pavimento.



Depois da restauração do pavimento.

RODADA:		INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO															Data:		Folha:								
TRECHO:																	Estados ou		Estados ou								
SUBTRECHO:																	Qualidade		Qualidade								
		OPERADOR:																									
		REPERTECIMENTO TIPO:																									
Rua Cruzeiro Velho (ANTES)																											
Estaca Ou Km	Segmto Termp.	OK	Técnicas Especiais										FC2	FC3	AL P	AY P	D (2)	F (3)	ER (5)	D (7)	R (8)	AL C	AY C	E	Folhas		CBS.
			R (1)	TTC (1)	TTL (2)	TLC (3)	TLL (4)	TNR (5)	J (6)	TB (2)	JE (5)	TBE (6)													AL (4)	AY (6)	
E1					X						X									X	X			1	2		
E2			X			X												X	X					0	1		
E3			X		X	X											X			X				0	0		
E4					X					X										X				0	1		
E5			X		X															X	X			1	2		
E6					X						X									X				0	0		
E7			X		X	X													X	X				0	1		
E8			X																X	X				1	0		
E9										X									X					1	0		
E10			X															X	X					1	1		

Inventário da Rua Cruzeiro Velho – Antes.

RODADA:		INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO															Data:		Folha:								
TRECHO:																	Estados ou		Estados ou								
SUBTRECHO:																	Qualidade		Qualidade								
		OPERADOR:																									
		REPERTECIMENTO TIPO:																									
Rua Cruzeiro Velho (DEPOIS)																											
Estaca Ou Km	Segmto Termp.	OK	Técnicas Especiais										FC2	FC3	AL P	AY P	D (2)	F (3)	ER (5)	D (7)	R (8)	AL C	AY C	E	Folhas		CBS.
			R (1)	TTC (1)	TTL (2)	TLC (3)	TLL (4)	TNR (5)	J (6)	TB (2)	JE (5)	TBE (6)													AL (4)	AY (6)	
E1																								0	0		
E2																								0	1		
E3																								1	0		
E4																								0	0		
E5																								0	0		
E6																								0	1		
E7																								0	1		
E8																								0	0		
E9																								0	1		
E10																								0	0		

Inventário da Rua Cruzeiro Velho – Depois.

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua Cruzeiro Velho		Tipo de Revestimento: CBUQ			Estaca ou Quilômetro Inicial:	Estaca ou Quilômetro Final:	
Trecho:		Data:					
Sub-trecho:		Folha:			Coeficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)	
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI		Frequência Relativa (%)			
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	6		60%	0,20	12,00	
2	(FC-2) J, TB	4		40%	0,50	20,00	
3	(FC-3) JE, TBE	0		0%	0,80	0,00	
4	ALP e/ou ATP	0		0%	0,90	0,00	
5	O e/ou P	3		30%	1,00	30,00	
6	EX	0		0%	0,50	0,00	
7	D	8		80%	0,30	24,00	
8	R	4		40%	0,60	24,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRI =	0,5	TRE =	0,8	0,65	0,87
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRIV =	0,28	TREv =	0,62	0,45	0,45
N° TOTAL DE ESTAÇÕES =		10		Σ IND.GRAV.IND = IGG =		111,32	
1A) IGG = F x 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Conceito =		RUIM	
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50					

Cálculo IGG antes da restauração – Rua Cruzeiro Velho.

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua Cruzeiro Velho		Tipo de Revestimento: CBUQ			Estaca ou Quilômetro Inicial:	Estaca ou Quilômetro Final:	
Trecho:		Data:					
Sub-trecho:		Folha:			Coeficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)	
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI		Frequência Relativa (%)			
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0		0%	0,20	0,00	
2	(FC-2) J, TB	0		0%	0,50	0,00	
3	(FC-3) JE, TBE	0		0%	0,80	0,00	
4	ALP e/ou ATP	0		0%	0,90	0,00	
5	O e/ou P	0		0%	1,00	0,00	
6	EX	0		0%	0,50	0,00	
7	D	0		0%	0,30	0,00	
8	R	0		0%	0,60	0,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRI =	0,10	TRE =	0,27	0,185	0,25
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRIV =	0,10	TREv =	0,40	0,25	0,25
N° TOTAL DE ESTAÇÕES =		10		Σ IND.GRAV.IND = IGG =		0,50	
1A) IGG = F x 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Conceito =		ÓTIMO	
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50					

Cálculo IGG depois da restauração – Rua Cruzeiro Velho.

## Avenida Dom Almeida Lustosa



Antes da reconstrução do pavimento.



Antes da reconstrução do pavimento



Depois da reconstrução do pavimento

RODOVIA:		INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO														Data:												
TRECHO:		OPERADOR:														Estaca ou Quilômetro												
SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:														Estaca ou Quilômetro												
Avenida Dom Almeida Lustosa (ANTES)																												
Estaca Ou Km	Seção Terap.	OK	Trincas Isoladas					FC-2			FC-3			AL P (4)	AT P (4)	O (5)	P (6)	EX (8)	D (7)	R (8)	AL C	AT C	E	Flechas		OBS:		
			FTC (1)	TTC (1)	TTL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)	TBE (3)	TRI											TRE				
E01			X																X									
E02									X										X									
E03			X	X			X	X								X			X								2	
E04				X			X	X							X				X	X								
E05			X	X	X	X	X												X								1	
E06				X			X	X		X									X									
E07				X			X												X							1		
E08					X			X											X									
E09				X				X								X			X									
E10																			X	X								

Inventário da Avenida Dom Almeida Lustosa – Antes.

RODovia:		INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO														Data:		Folha:				
TRECHO:		OPERADOR:														Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro				
SUBTRECHO:		RES/ESTADO TIPO:																				
Avenida Dom Almeida Lustosa (DEPOIS)																						
Estaca ou Km	Flecha Transp.	Cx	Trilhos										ALP (44)	ATP (45)	D (5)	EX (6)	R (7)	ALC (8)	ATC (9)	Flechas		CBS.
			F1 (1)	TTC (2)	TTL (3)	TLC (4)	TLL (5)	TRR (6)	J (7)	TB (8)	JE (9)	TBE (10)								TRI	TRE	
E.0																				0	0	
E.1																				0	0	
E.2																				0	1	
E.3																				0	0	
E.4																				0	1	
E.5																				0	0	
E.6																				0	0	
E.7																				0	0	
E.8																				0	0	
E.9																				0	0	
E.10																				0	0	

Inventário da Avenida Dom Almeida Lustosa – Depois.

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)								
Rodovia: Av. Dom Almeida Lustosa		Tipo de Revestimento: CBUQ			Estaca ou Quilômetro Inicial:		Estaca ou Quilômetro Final:	
Trecho:		Data:						
Sub-trecho:		Folha:						
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI	Frequência Relativa (%)		Coefficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)		
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	8	80%		0,20	16,00		
2	(FC-2) J, TB	1	10%		0,50	5,00		
3	(FC-3) JE, TBE	0	0%		0,80	0,00		
4	ALP e/ou ATP	0	0%		0,90	0,00		
5	O e/ou P	3	30%		1,00	30,00		
6	EX	0	0%		0,50	0,00		
7	D	10	100%		0,30	30,00		
8	R	2	20%		0,60	12,00		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRI =	0,1	TRE =	0,3	0,2	0,27	
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRlv =	0,30	TREv =	0,46	0,38	0,38	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES =		10	Σ IND.GRAV.IND = IGG =			93,65		
1A) IGG = F x 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50			Conceito =	RUIM		
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50						

Cálculo IGG antes da reconstrução – Avenida Dom Almeida Lustosa.

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						
Rodovia: Av. Dom Almeida Lustosa		Tipo de Revestimento: CBUQ			Estaca ou Quilômetro Inicial:	Estaca ou Quilômetro Final:
Trecho:		Data:				
Sub-trecho:		Folha:				
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI		Frequência Relativa (%)	Coefficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0		0%	0,20	0,00
2	(FC-2) J, TB	0		0%	0,50	0,00
3	(FC-3) JE, TBE	0		0%	0,80	0,00
4	ALP e/ou ATP	0		0%	0,90	0,00
5	O e/ou P	0		0%	1,00	0,00
6	EX	0		0%	0,50	0,00
7	D	0		0%	0,30	0,00
8	R	0		0%	0,60	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRI =	0	TRE =	0,2	0,13
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRiv =	0,00	TREv =	0,18	0,09
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES =		10		Σ IND.GRAV.IND = IGG =		0,22
1A) IGG = $F \times 4/3$ quando $F \leq 30$		2A) IGI = FV quando $FV \leq 50$		Conceito =		ÓTIMO
1B) IGI = 40 quando $F > 30$		2B) IGI = 50 quando $FV > 50$				

Cálculo IGG depois da reconstrução – Avenida Dom Almeida Lustosa.

### Rua Heribaldo Rodrigues



Antes da restauração do pavimento.



Antes da restauração do pavimento.



Depois da restauração do pavimento.

RODOVA:		INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO															Data:		Folha:					
TRECHO:		OPERADOR:															Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro					
SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:																						
Rua Heribaldo Rodrigues (ANTES)																								
Estaca Ou Km	Seção Terrap.	OK	Trincheiras Isoladas					FC-2		FC-3		AL P (4)	AT P (4)	D (5)	F (6)	EX (6)	D (7)	R (8)	AL C	AT C	E	Fechas		OBS:
			R (1)	TC (1)	TL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)											TBE (3)	TRT	
E0																	X					0	1	
E1			X			X											X	X				1	1	
E2																	X	X				0	2	
E3														X			X	X				0	0	
E4														X			X					0	0	
E5																	X	X	X			1	2	
E6														X			X	X	X			1	1	
E7														X			X					0	0	
E8																	X	X	X			0	0	
E9																X	X	X				0	0	
E10																	X		X					

Inventário da Rua Heribaldo Rodrigues – Antes.

RODOVA:		INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO															Data:		Folha:					
TRECHO:		OPERADOR:															Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro					
SUBTRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:																						
Rua Heribaldo Rodrigues (DEPOIS)																								
Estaca Ou Km	Seção Terrap.	OK	Trincheiras Isoladas					FC-2		FC-3		AL P (4)	AT P (4)	D (5)	F (6)	EX (6)	D (7)	R (8)	AL C	AT C	E	Fechas		OBS:
			R (1)	TC (1)	TL (1)	TLC (1)	TLL (1)	TRR (1)	J (2)	TB (2)	JE (3)											TBE (3)	TRT	
E1																						0	1	
E2																						1	1	
E3																						0	0	
E4																						0	0	
E5																						0	0	
E6																						0	2	
E7																						0	1	
E8																						0	0	
E9																						0	0	
E10																						0	0	

Inventário da Rua Heribaldo Rodrigues – Depois.

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua Heribaldo Rodrigues		Tipo de Revestimento: CBUQ			Estaca ou Quilômetro Inicial:	Estaca ou Quilômetro Final:	
Trecho:		Data:					
Sub-trecho:		Folha:					
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI		Frequência Relativa (%)	Coefficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)	
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	1		10%	0,20	2,00	
2	(FC-2) J, TB	0		0%	0,50	0,00	
3	(FC-3) JE, TBE	0		0%	0,80	0,00	
4	ALP e/ou ATP	3		30%	0,90	27,00	
5	O e/ou P	4		40%	1,00	40,00	
6	EX	1		10%	0,50	5,00	
7	D	8		80%	0,30	24,00	
8	R	6		60%	0,60	36,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRI =	0,33	TRE =	0,7	0,515	0,69
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRlv =	0,25	TREv =	0,68	0,47	0,47
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES =		10		Σ IND.GRAV.IND = IGG =		135,15	
1A) IGG = F x 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Conceito =		RUIM	
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50					

Cálculo IGG antes da restauração – Rua Heribaldo Rodrigues.

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)							
Rodovia: Rua Heribaldo Rodrigues		Tipo de Revestimento: CBUQ			Estaca ou Quilômetro Inicial:	Estaca ou Quilômetro Final:	
Trecho:		Data:					
Sub-trecho:		Folha:					
Item	Natureza do defeito	Frequência Absoluta NI		Frequência Relativa (%)	Coefficiente de ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)	
1	(FC-1) F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0		0%	0,20	0,00	
2	(FC-2) J, TB	0		0%	0,50	0,00	
3	(FC-3) JE, TBE	0		0%	0,80	0,00	
4	ALP e/ou ATP	0		0%	0,90	0,00	
5	O e/ou P	0		0%	1,00	0,00	
6	EX	0		0%	0,50	0,00	
7	D	0		0%	0,30	0,00	
8	R	0		0%	0,60	0,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRI =	0,11	TRE =	0,5	0,305	0,41
10	Média aritmética das variáveis das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRlv =	0,11	TREv =	0,50	0,31	0,31
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES =		10		Σ IND.GRAV.IND = IGG =		0,71	
1A) IGG = F x 4/3 quando F ≤ 30		2A) IGI = FV quando FV ≤ 50		Conceito =		ÓTIMO	
1B) IGI = 40 quando F > 30		2B) IGI = 50 quando FV > 50					

Cálculo IGG antes da restauração – Rua Heribaldo Rodrigues.