



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - CAMPUS CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL ABREU SOARES

DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DOS DEFEITOS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
NO CENTRO DE CRATEÚS-CE.

CRATEÚS/CE
2022

GABRIEL ABREU SOARES

**DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DOS DEFEITOS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
NO CENTRO DE CRATEÚS-CE.**

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Civil do
Campus de Crateús da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção Grau de
Bacharelado em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Me. Marcio Avelino de Medeiros

**CRATEÚS/CE
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S654e Soares, Gabriel Abreu.

Diagnóstico funcional dos defeitos em pavimentos asfálticos no centro de Crateús-CE. /
Gabriel Abreu Soares. – 2022.
39 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de
Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2022.
Orientação: Prof. Me. Marcio Avelino de Medeiros.

1. Patologias em pavimentos flexíveis. 2. Defeitos em pavimento. 3. Método do IGG. I. Título.
CDD 620

GABRIEL ABREU SOARES

**DIAGNÓSTICO FUNCIONAL DOS DEFEITOS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
NO CENTRO DE CRATEÚS-CE.**

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Civil do
Campus de Crateús da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção Grau
de Bacharelado em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Me. Marcio Avelino de
Medeiros

Aprovado em: 19/12/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Marcio Avelino de Medeiros (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Jorge Luis Santos Ferreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Me. Danilo Vítor dos Santos Mützenberg
Walm BH Engenharia

À minha amada avó, Dona Raimunda
Sérvulo Abreu.
(in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a Deus pela dádiva da vida, pelas graças alcançadas, por sempre me guiar.

Esse trabalho não é apenas resultado de alguns meses de envolvimento, é o reflexo de uma vida universitária inteira. Chegar até aqui foi sem dúvida uma vitória conjunta. Então, agradeço a todos que passaram pela minha vida nesses anos, direta ou indiretamente, voluntariamente ou não, vocês me fizeram chegar até aqui. Muito obrigado!

Aos meus pais, Francisca das Chagas e Gedean, que sempre me educaram, me guiaram e me deram valores, princípios que são a base do homem que sou. Vocês são a base da minha vida. Ao meu irmão Gustavo, que é as vezes como meu segundo pai, e outras vezes meu irmão mais novo, você sempre me incentivou para seguir em frente e independentemente da situação acreditar que Deus sempre proverá uma maneira de realizar nossos sonhos. A minha namorada, Ana Júlia que sempre me apoia e me entende, principalmente nessa etapa tão complicada de minha vida.

A minha família, meus tios e primos(as). Em especial Rebeca Macedo, Mariana Costa, Marcos Costa, Lucas Morais, Vanessa Morais, Lucca Holanda (*in memoriam*), Ana Beatriz, Emerson Abreu, Breno Abreu, tio Ivan, Padrinho Enoque, tio Elicio, tio Bento, tia Vanda, tia Marinalva Abreu, tia Marineide Abreu (*in memoriam*) e todos os outros que estão guardados no meu coração.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de estudo.

Aos meus amigos Antonio Duarte e Fabiano que sempre me ajudaram nesse percurso da faculdade, e muito mais agora durante a criação deste trabalho.

Agradeço o meu Orientador, Marcio Avelino, por me guiar durante a fundamentação e construção deste trabalho, sempre ter paciência comigo e me auxiliar nos problemas enfrentados, à banca examinadora por avaliar e mostrar sugestões que enriquecera mais ainda esse trabalho.

A todas as amigas que aqui construí, que direta ou indiretamente me ajudaram a chegar até aqui. Em especial Isaias Vieira, meu amigo a mais de 15 anos, Elvira Gomes, Rafaella Mota, Samuel Torres, Natanael, e muitos outros amigos que fiz aqui. Meu muito obrigado a todos vocês!

RESUMO

Este trabalho busca analisar e classificar as patologias presentes no pavimento de ruas no centro da cidade de Crateús-CE. Com o intuito de compreender os problemas existentes no pavimento, uma vez que estes causam transtornos aos usuários. A metodologia deste trabalho consiste em fazer uso da norma DNIT 006/2003 PRO, foram realizados levantamentos de campo em três diferentes trechos amostrais, com estacas a cada 20,00m, que possibilita através dos dados obtidos por caminhamento analisar e classificar o pavimento através do método do cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI) e o Índice de Gravidade Geral (IGG) de cada trecho, classificando assim o nível e deterioração dos pavimentos. Os resultados indicaram que os trechos estão em estado ruim do IGG.

Palavras-chave: Patologias em pavimentos flexíveis; Defeitos em pavimento; Método do IGG.

ABSTRACT

This work seeks to analyze and classify the pathologies present in the pavement of streets in the center of the city of Crateús-CE. In order to understand the existing problems in the pavement, since they cause inconvenience to users. The methodology of this work consists of making use of the DNIT 006/2003 PRO standard, field surveys were carried out in three different sample stretches, with stakes every 20.00m, which makes it possible, through the data obtained by walking, to analyze and classify the pavement through the method of calculating the Individual Severity Index (IGI) and the General Severity Index (IGG) of each section, thus classifying the level and deterioration of the pavements. The results indicated that the stretches were then in a bad state of the IGG.

Keywords: Pathologies in flexible pavements; Pavement defects; IGG method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Malha rodoviária brasileira.....	13
Figura 2 – Disposição das camadas de pavimento tipo flexível.....	14
Figura 3 – Trecho 1 – R. Francisco Sá – Centro, Crateús-CE.....	20
Figura 4 – Trecho 2 – R. Cel. Zezé – Centro, Crateús-CE.....	21
Figura 5 – Trecho 3 – R. Firmino Rosa – Centro, Crateús-CE.....	21
Figura 6 – Demarcação de áreas para inventário de defeitos em pista simples.....	22
Figura 7 – Defeitos que prevaleceram na via analisada.....	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Defeitos do pavimento urbano e suas definições.....	15
Quadro 2 – Resumo dos defeitos - Codificação e Classificação.....	18
Quadro 3 – Valor do fator de ponderação.....	23
Quadro 4 – Dados referentes aos levantamentos do trecho 1.....	25
Quadro 5 – Dados referentes aos levantamentos do trecho 2	26
Quadro 6 – Dados referentes aos levantamentos do trecho 3	27
Quadro 7 – Planilha de cálculo de IGG para o trecho 1.....	28
Quadro 8 – Planilha de cálculo de IGG para o trecho 2	29
Quadro 9 – Planilha de cálculo de IGG para o trecho 3.....	30
Quadro 10 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Frequência dos defeitos por estação no trecho 1.....	32
Gráfico 2 – Porcentagem dos defeitos do trecho 1.....	33
Gráfico 3 – Frequência dos defeitos por estação no trecho 2.....	34
Gráfico 4 – Porcentagem dos defeitos do trecho 2.....	34
Gráfico 5 – Frequência dos defeitos por estação no trecho 3.....	35
Gráfico 6 – Porcentagem dos defeitos do trecho 3.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNT	Confederação Nacional de Transporte
CAP	Concreto Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3. METODOLOGIA	20
3.1. SELEÇÃO DA VIA URBANA.....	20
3.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG.....	21
4. RESULTADOS E ANÁLISES.....	24
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

Desde meados dos anos 50 o governo federal brasileiro passou a investir mais nas malhas rodoviárias, devido principalmente a chegada da indústria automobilística e em decorrência da mudança da capital do país, e em sequência a esses fatores este modal prevalece em uso e extensão, em comparação aos demais modais, sendo que este é o principal meio de transporte de mercadorias. Segundo dados do boletim estatístico de 2021 da Confederação Nacional de Transporte (CNT), a malha rodoviária brasileira tem extensão total de 1.720.909,0 km, onde cerca de 12,9% são rodovias pavimentadas, conforme a Figura 1:

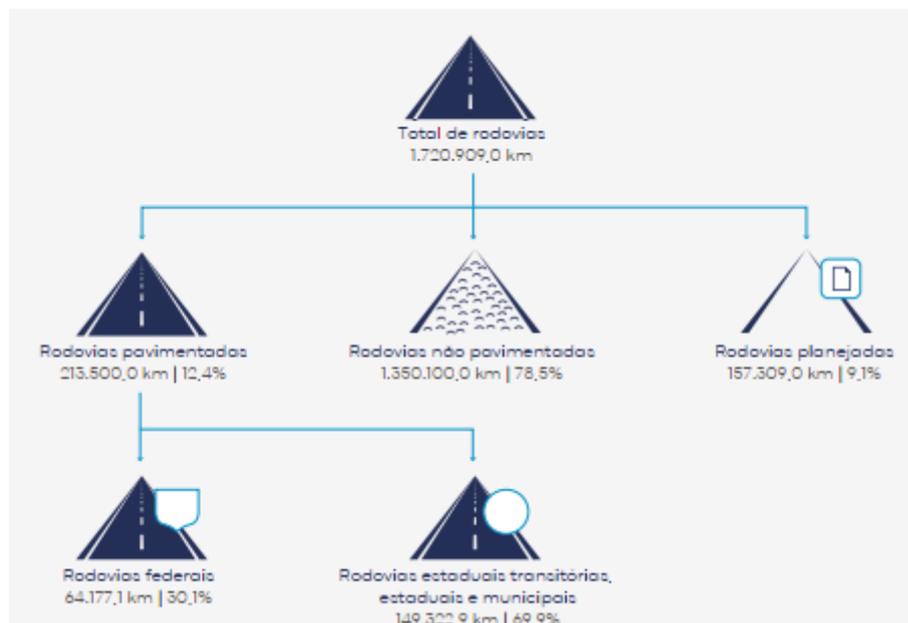


Figura 1 - Malha rodoviária brasileira. (Fonte: CNT, 2021).

Segundo o CNT o tipo de pavimento mais utilizado no Brasil é o flexível, no qual cerca de 99% das rodovias são construídas em pavimentação deste tipo, principalmente devido ao baixo custo inicial de implantação, dessa forma o asfalto é o principal constituinte desse revestimento.

Pavimento é o nome dado ao revestimento empregado para cobrir uma superfície terraplanada. São estruturas complexas, que sustentam várias cargas e estão sujeitas ao atrito constante e às intempéries (ANDRADE, 2010).

Patologias, são defeitos estruturais causados por falhas no momento da construção ou por distintos fatores que ocorrem no decorrer do tempo em que tal estrutura está sendo utilizada

(FERNANDES JR, 1999). Este é o principal fator que atinge diretamente a qualidade da rede rodoviária do Brasil. Uma vez que ocasiona a ineficiência do pavimento de exercer sua função de oferecer um rolamento confortável e seguro para as rodovias nas quais foram construídos. Portanto, é muito importante acompanhar a “saúde” dos pavimentos no decorrer de sua vida útil, a fim de classificar as patologias existentes, analisa-las e repara-las, antes que este chegue ao seu estado limite último.

Neste artigo, será estudado de forma pontual a real situação atual dos pavimentos da cidade de Crateús, Ceará, uma vez que está por ser polo regional, possui um grande fluxo de veículos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em geral, o objetivo da construção do pavimento é sempre o mesmo, independentemente dos materiais utilizados na sua execução. Estes, podem ser construídos de várias maneiras e com uma variedade de materiais. Contudo, Balbo (2007) propõe que a pavimentação objetiva garantir um deslocamento seguro e agradável, com estruturas e materiais que possam suportar o esforço da atividade de deslocamento em combinação com as condições climáticas, com o menor custo possível. Assim, com a finalidade de reduzir os esforços verticais produzidos pelo tráfego de veículos, os pavimentos são dispostos em camadas, onde devem possuir no mínimo as camadas de base e de revestimento. A Figura 02 demonstra o esquema das camadas em pavimento do tipo flexível.



Figura 2- Disposição das camadas de pavimento tipo flexível. Fonte: CNT (2021).

Devido ao peso dos veículos e fatores ambientais, o pavimento está em constante deterioração, necessitando de avaliações periódicas para determinar sua condição atual. Conforme Boyu et al. (2019), a análise de um pavimento é necessária para mantê-lo eficiente, sendo que a sua condição influencia não apenas a segurança dos condutores, mas também o nível de conforto, além de gerar altas emissões de ruído.

A avaliação objetiva de um pavimento tem como finalidade fazer a verificação de defeitos na superfície deste, classificando-os quanto ao seu tipo, severidade e densidade. O índice IGG pode ser utilizado para mensurar essa avaliação, como o descrito na norma DNIT 006/2003-PRO que estabelece condições exigíveis para a avaliação objetiva da superfície de pavimentos rodoviários flexíveis e semirrígidos. De acordo com Xue et al. (2012), as condições de superfície dos pavimentos, com a ocorrência e severidade de trincas, trilha de roda, desgaste, deflexão e outros problemas presentes na superfície, são um importante indicador do desempenho de um pavimento.

Os principais defeitos encontrados na pavimentação podem ser classificados a partir do Quadro 1 segundo a CNT, 2019 como:

Quadro 1 – Defeitos do pavimento urbano e suas definições

DEFEITO	NOME	DEFINIÇÃO	CAUSA PROVÁVEL
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO	Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, xausado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda.	Fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito; Densificação ou ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento; Falha de compactação na construção; Problemas de drenagem.

	<p>AFUNDAMENTO PLÁSTICO</p>	<p>Deformação permanente (plástica) classificada por depressão na superfície do pavimento acompanhada de solevamento (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.</p>	<p>Fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito; Falha na dosagem de mistura asfáltica – excesso de ligante asfáltico; Falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante.</p>
	<p>DESGASTE</p>	<p>Arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.</p>	<p>Falhas de adesividade ligante agregado; Presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante; Deficiência no teor de ligante; Problemas executivos ou de projeto de misturas.</p>
	<p>ESCORREGAMENTO</p>	<p>Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.</p>	<p>Falhas construtivas; Pintura de ligação.</p>
	<p>TRINCAS EM MALHA TIPO “COURO DE JACARÉ”</p>	<p>Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.</p>	<p>Decorrentes do fenômeno de fadiga</p>

	<p>FISSURAS</p>	<p>Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m.</p>	<p>Má dosagem do asfalto, excesso de finos (ou material de enchimento) no revestimento; Compactação excessiva ou em momento inadequado.</p>
	<p>ONDULAÇÃO OU CORRUGAÇÃO</p>	<p>Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.</p>	<p>Falta de estabilidade da mistura asfáltica; Excessiva umidade do solo subleito; Contaminação da mistura asfáltica; Falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.</p>
	<p>PANELA OU BURACO</p>	<p>Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.</p>	<p>Trincas de fadiga (processo que ocorre devido ao acúmulo das solicitações do tráfego ao longo do tempo); Desintegração localizada na superfície do pavimento; Deficiência na compactação; Umidade excessiva em camadas de solo; Falha na imprimação.</p>
	<p>REMENDO</p>	<p>Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”. Podendo ser remendo profundo (onde há substituição do revestimento e, Usualmente, apresenta forma retangular.), ou remendo superficial (onde é feita a correção, em área localizada).</p>	<p>Carga de tráfego; Emprego de material de má qualidade; Ação do meio ambiente; Má construção.</p>
	<p>TRINCAS EM MALHA TIPO “BLOCO”</p>	<p>Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.</p>	<p>Contração da capa asfáltica devido à alternância entre altas e baixas temperaturas; Baixa resistência à tração da mistura asfáltica.</p>

As patologias dos pavimentos flexíveis e semirrígidos supracitadas são padronizadas e classificadas de acordo com a norma brasileira do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (2003) - DNIT 005 TER, usadas para cálculo de critério de qualidade da superfície do pavimento e podem ser resumidas conforme o quadro 2.

Quadro 2 - Resumo dos defeitos - Codificação e Classificação.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solocimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO	
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ALP		
		Da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ATP		
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ALC		
		Da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ATC		

Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base		O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)		E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento		EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento		D
“Panelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores		P
Remendos	Remendo Superficial	RS
	Remendo Profundo	RP

Fonte: DNIT (2003a).

Conforme o descrito na norma DNIT 006/2003-PRO, o índice IGG é calculado a partir da avaliação executada por caminhamento catalogando os tipos dos defeitos e a frequência relativa. Além disso, classifica-se cada trecho homogêneo do pavimento em uma escala de 0 a 160, na qual o menor valor representa uma via em melhores condições, o qual é calculado de acordo com a Equação 1:

$$IGG = \sum IGI \quad (1)$$

Onde: IGG: Índice de Gravidade Global; IGI: Índice de Gravidade individual.

3. METODOLOGIA

Com o intuito de conseguir estudar a deterioração do pavimento flexível em vias do centro do município de Crateús-CE a partir das condições de superfície, será escolhida seleção da via urbana, levantamento de defeitos e a obtenção do gráfico de frequência registrada de panelas, remendos e outros tipos de patologias presentes em cada trecho.

3.1. SELEÇÃO DA VIA URBANA

A partir do notório fluxo de veículos devido sua posição geográfica dentro da cidade, e dada a importância para o município já que estas vias permitem acesso as principais ruas do centro da cidade, foi escolhido como trecho de pesquisa três ruas onde a pavimentação é do tipo flexível:

- a) A Rua Francisco Sá - Centro, Crateús - CE, um trecho de 260 metros entre as ruas Cel. Zezé e Bento Coutinho, onde segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Crateús- CE (PDDU,2001), esta é considerada uma via circular central. Na Figura 03 é possível visualizar a demarcação do Trecho 1 no mapa;

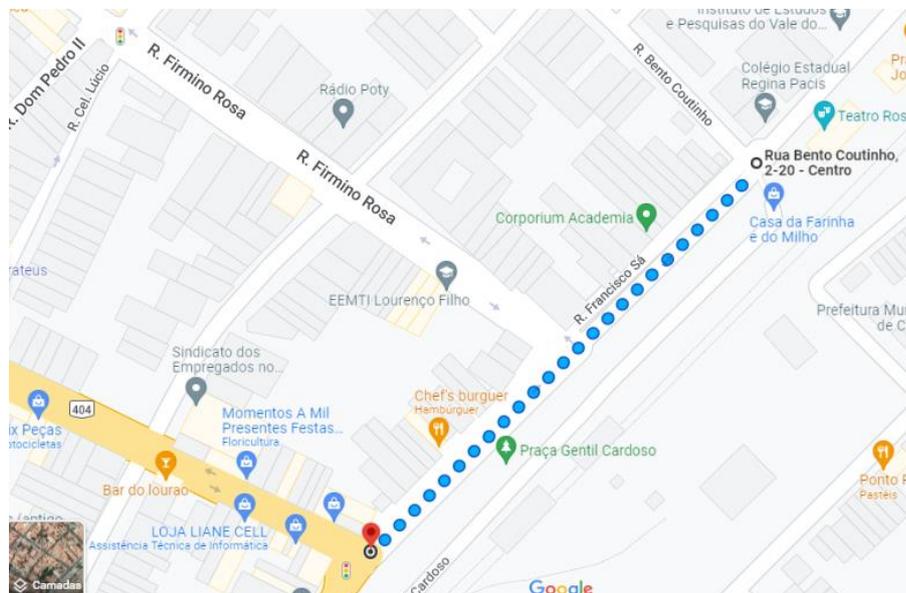


Figura 3- Trecho 1 - R. Francisco Sá - Centro, Crateús-CE. (Fonte: Google Maps, 2022).

- b) A Rua Cel. Zezé, - Centro, Crateús - CE , um trecho de 270 metros, na qual é continuidade BR-226/BR-404, localizada entre as Ruas Francisco Sá e Dom Pedro II.

Segundo o PDDU (2001), é considerada uma via coletora. Na Figura 04 é possível visualizar a demarcação do Trecho 2 no mapa;

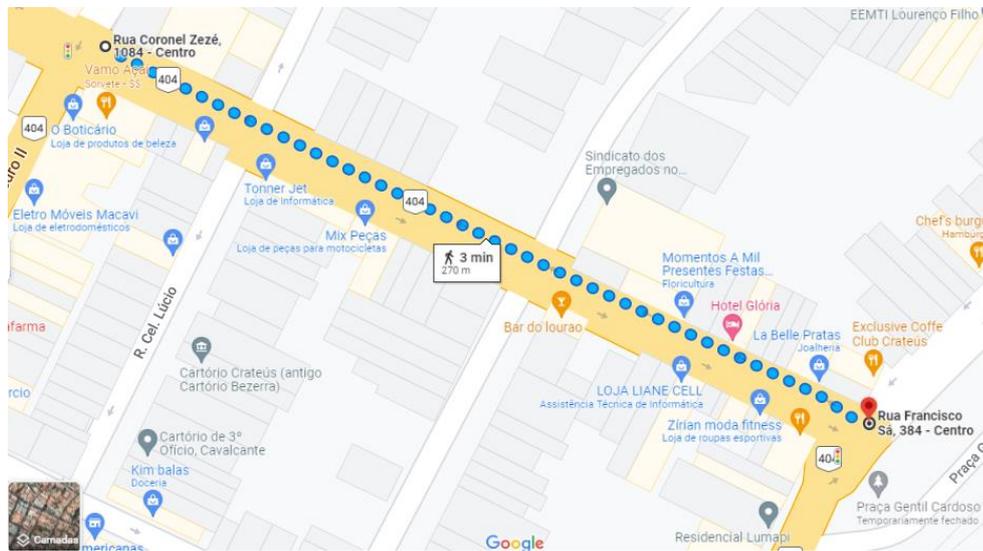


Figura 4- Trecho 2 - R. Cel. Zezé - Centro, Crateús-CE. (Fonte: Google Maps, 2022).

- c) A Rua Firmino Rosa - Centro, Crateús - CE, um trecho de 250 metros entre as ruas Francisco Sá e Cel. Lúcio. De acordo com o PDDU (2001), é considerada uma via coletora. Na Figura 05 é possível visualizar a demarcação do Trecho 3 no mapa;

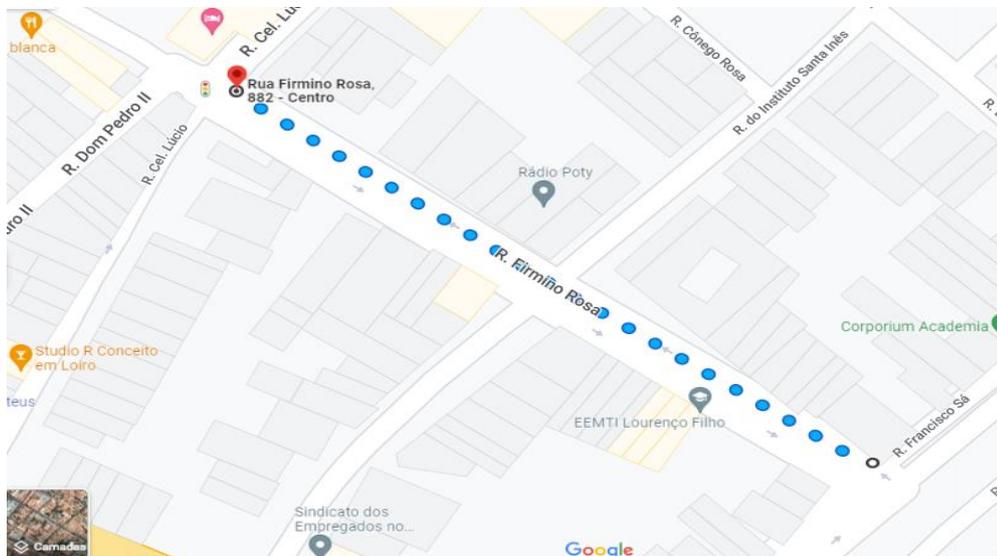


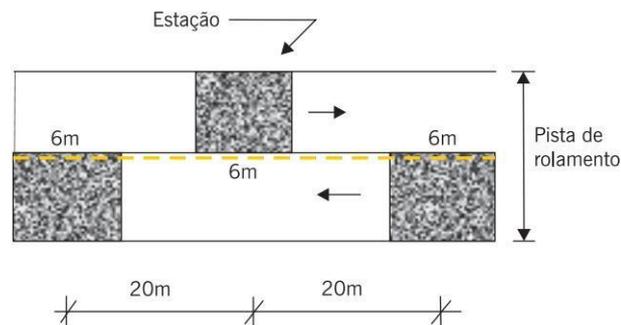
Figura 5- Trecho 3 - R. Firmino Rosa - Centro, Crateús-CE. (Fonte: Google Maps, 2022).

3.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG

Desse modo, conforme a norma DNIT 006/2003 PRO e seus anexos, foram demarcadas as superfícies avaliadas através de pintura própria, cada trecho recebeu o número de acordo à

estaca, número este a ser pintado junto à borda do revestimento. Estas superfícies foram avaliadas a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento, para a delimitação das superfícies de avaliações do estudo (Figura 6) foram analisadas 3m antes e 3m após cada estaca, totalizando 6 m de extensão e largura igual à da faixa de rolamento mais o acostamento.

Figura 6 - Demarcação de áreas para inventário de defeitos em pista simples.



Fonte: Bernucci et al, 2010.

Para a coleta de dados foi feito manuseio de trena métrica, treliça de alumínio padronizada para medir as deformações permanentes, prancheta e os formulários de avaliação. Estas anotações foram feitas durante a manhã, com o tempo aberto, sem a presença de chuvas, através de caminhamento. Na figura 7 podemos ver alguns dos defeitos que prevaleceram na via analisada.

Figura 7 - Defeitos que prevaleceram na via analisada.



Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

A norma de procedimento supracitada subdivide em oito categorias para a classificação de defeitos para o cálculo do IGG que são explicitados no Quadro 3, de acordo com seus fatores de ponderação referentes.

Quadro 3 - Valor do fator de ponderação.

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

Fonte: DNIT 006 (2003).

Os cálculos foram realizados em duas etapas, a primeira levou em conta os defeitos contabilizados e a segunda observando os valores referentes as trilhas de roda interna e externas para cada sub-trecho. Em sequencia foi calculado o IGI para cada tipo de patologia e o IGG, conforme a norma DNIT-PRO 006/2003.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

A partir dos dados obtidos através do caminhamento em campo em cada um dos trechos, com base nos quadros modelos do Procedimento DNIT-PRO 006/2003, como registro dos dados recolhidos, construiu-se os Quadros 4,5 e 6.

Quadro 4 – Dados referentes aos levantamentos do trecho 1.

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																													
RODOVIA: RUA FRANCISCO SÁ TRECHO: 01 SUBTRECHO:										OPERADOR: GABRIEL REVESTIMENTO TIPO: ASFALTO										FOLHA:01									
										DATA: 01/12/2022										ESTACA QUILOMETRO OU									
																				1					13				
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:				
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID								TRI mm	TRE mm					
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8							
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3																	
1			X	X			X													X		8	0						
2						X														X		4	3						
3			X	X			X		X											X		10	4						
4			X						X											X	X	4	3						
5			X	X		X														X		10	4						
6						X			X											X	X	0	0						
7				X		X														X		0	0						
8			X	X		X														X		3	1						
9			X	X			X													X		8	0						
10			X			X		X		X										X	X	8	0						
11			X	X		X											X					6	7						
12			X	X				X									X			X	X	0	0						
13			X	X			X													X		15	4						

Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Quadro 5– Dados referentes aos levantamentos do trecho 2.

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																													
RODOVIA: RUA CEL. ZEZÉ										OPERADOR: GABRIEL										FOLHA:02									
TRECHO: 02										REVESTIMENTO TIPO: ASFALTO										OU									
SUBTRECHO:										DATA: 01/12/2022										ESTACA QUILOMETRO					OU				
																				1					13+10				
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:		
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID										TRI mm	TRE mm			
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8							
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3																	
1			X	X		X			X										X	X	0	2							
2			X	X					X	X									X	X	0	1							
3									X		X								X	X	3	2							
4				X					X										X	X	0	0							
5									X		X			X					X	X	5	0							
6				X		X			X					X					X		0	0							
7									X			X		X					X	X	5	1							
8				X					X										X	X	0	0							
9			X						X		X								X		4	1							
10			X	X					X										X		1	0							
11									X											X	4	0							
12				X		X			X										X		0	0							
13			X				X							X						X	10	0							
13+10									X		X										0	0							

Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Quadro 6 – Dados referentes aos levantamentos do trecho 3.

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																													
RODOVIA: RUA FIRMINO ROSA TRECHO: 03 SUBTRECHO:															OPERADOR: GABRIEL REVESTIMENTO TIPO: ASFALTO					FOLHA:03									
															DATA: 01/12/2022					ESTACA QUILOMETRO OU					ESTACA QUILOMETRO OU				
																				1					12+10				
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:		
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI mm	TRE mm					
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC - 2		FC - 3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4													
									J 2	TB 2	JE 3	TBE 3																	
1																								0	0				
2			X			X			X																0	0			
3			X																		X			0	0				
4			X														X							0	0				
5			X														X							5	0				
6									X								X							0	0				
7																	X							5	1				
8																	X							0	0				
9			X														X							0	10				
10							X										X							0	0				
11			X														X							0	10				
12																	X							0	10				
12+10																	X							0	0				

Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Baseando-se nas informações coletadas obteve-se os resultados registrados nos Quadros 7,8 e 9. A partir desses resultados, foi possível classificar o pavimento de cada trecho.

Quadro 7 – Planilha de cálculo do IGG para o Trecho 1.

RODOVIA: RUA FRANCISCO SÁ DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: 01 SUB-TRECHO: ASFALTO						PLANILHA DE CÁLCULO	Data: 02/12/2022	Folha: 01	
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro		
						1	13		
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações		
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	13	8	61,54	0,2	12,31			
2	(FC – 2) J, TB	5	4	30,77	0,5	15,38			
3	(FC – 3) JE, TBE	1	1	7,69	0,8	6,15			
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0,00	0,9	0,00			
5	O, P, E	2		15,38	1,0	15,38			
6	EX	0		0,00	0,5	0,00			
7	D	12		92,31	0,3	27,69			
8	R	4		30,77	0,6	18,46			
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 5,85	TRI = 2	F = 3,92	1 A (X) 1 B ()	5,23			
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 20,81	TRIV = 5,33	FV = 13,07	2 A (X) 2 B ()	13,07			
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 13	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			113,68	Conceito: RUIM		
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 quando FV ≤ 50						2A) IGI = FV		Operador	
1B) IGI = 40 quando F > 30 FV > 50						2B) IGI = 50 quando		Cálculo	
								Visto	

Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Quadro 8 – Planilha de cálculo do IGG para o Trecho 2.

RODOVIA: RUA CEL. ZEZÉ ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: 02 SUB-TRECHO: ASFALTO REVESTIMENTO TIPO:						Data: 02/12/2022	Folha: 02
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
						1	13+10
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	9	1	7,14	0,2	1,43	
2	(FC - 2) J, TB	13	8	57,14	0,5	28,57	
3	(FC - 3) JE, TBE	5	5	35,71	0,8	28,57	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	1	1	7,14	0,9	6,43	
5	O, P, E	3	3	21,43	1,0	21,43	
6	EX	0	0	0,00	0,5	0,00	
7	D	11	11	78,57	0,3	23,57	
8	R	9	9	64,29	0,6	38,57	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 0,5	TRI = 2,29	F = 1,39	1 A (X) 1 B ()	1,86	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 20,81	TRIV = 5,33	FV = 4,86	2 A (X) 2 B ()	4,86	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 14	∑ IND. GRAVID. IND. = IGG			155,29	Conceito: RUIM
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 quando FV ≤ 50 2A) IGI = FV / 50 1B) IGI = 40 quando F > 30 quando FV > 50 2B) IGI = 50						Operador	
						Cálculo	
						Visto	

Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Quadro 9 – Planilha de cálculo do IGG para o Trecho 3.

RODOVIA: RUA FIRMINO ROSA CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: 03 SUB-TRECHO: ASFALTO						PLANILHA DE REVESTIMENTO TIPO:	
						Data: 02/12/2022	Folha: 03
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
						1	12+10
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	7	6	46,15	0,2	9,23	
2	(FC – 2) J, TB	2	2	15,38	0,5	7,69	
3	(FC – 3) JE, TBE	0	0	0,00	0,8	0,00	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0,00	0,9	0,00	
5	O, P, E	10		76,92	1,0	76,92	
6	EX	0		0,00	0,5	0,00	
7	D	0		0,00	0,3	0,00	
8	R	1		7,69	0,6	4,62	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 2,38	TRI = 0,77	F = 1,58	1 A (X) 1 B ()	2,10	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 18,92	TRIV = 3,53	FV = 11,22	2 A (X) 2 B ()	11,22	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 13	\sum IND. GRAVID. IND. = IGG			111,79	Conceito: RUIM
1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30 quando FV ≤ 50						Operador	
2A) IGI = FV						Cálculo	
1B) IGI = 40 quando F > 30 FV > 50						Visto	

Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

É notório que a frequência absoluta considerada para os cálculos é diferente da frequência absoluta real, em decorrência ao fato que defeitos do tipo 1, 2 e 3 encontrados em uma mesma estaca(estação), somente foram contabilizados o de maior gravidade e defeitos do mesmo tipo que aparecem várias vezes em uma estaca só são contabilizados uma vez, dessa forma evita-se que ocorra uma contagem repetida dos defeitos

Fazendo uso do Quadro 10, no qual representa a escala de classificação de degradação do pavimento em função dos valores de IGG calculados como sugere a norma.

Quadro 10 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.

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

Fonte: (Procedimento DNIT 006/2003 – PRO, p.5).

Dessa forma, o IGG do Trecho 1 (Quadro 7), o IGG do Trecho 2 (Quadro 8) e o IGG do Trecho 3 (Quadro 9) foram calculados seus resultados, com base na classificação normativa supracitada no Quadro 10, nos seguintes dados:

Trecho 1 – IGG 113,68 \longleftrightarrow Conceito – Ruim

Trecho 2 – IGG 155,29 \longleftrightarrow Conceito – Ruim

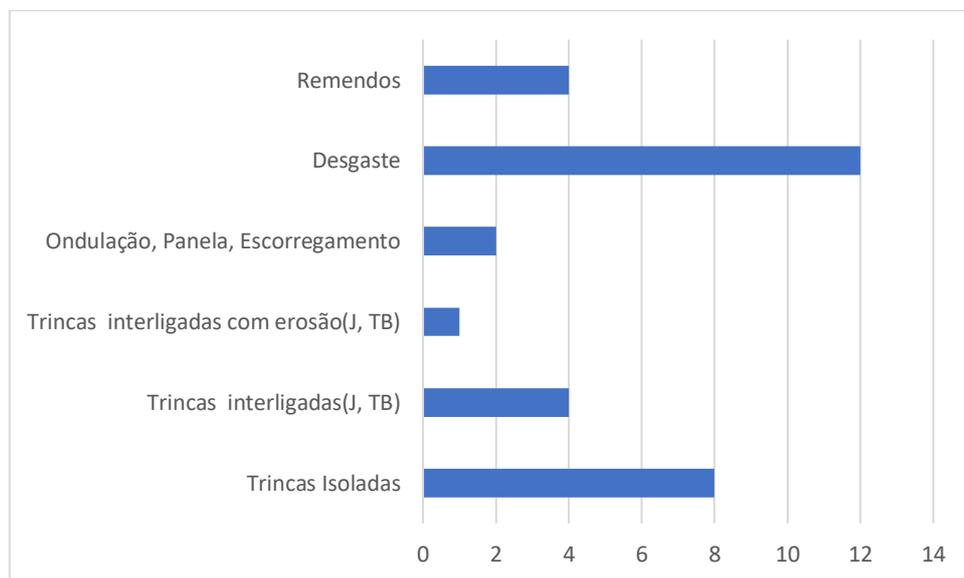
Trecho 3 – IGG 111,79 \longleftrightarrow Conceito – Ruim

Observando os dados acima verifica-se que o IGG de todos os 3 trechos estão entre 80 e 160, dessa forma estes, individualmente, são classificados como “ruim”, e, portanto, não permitem oferecer segurança e conforto aos usuários.

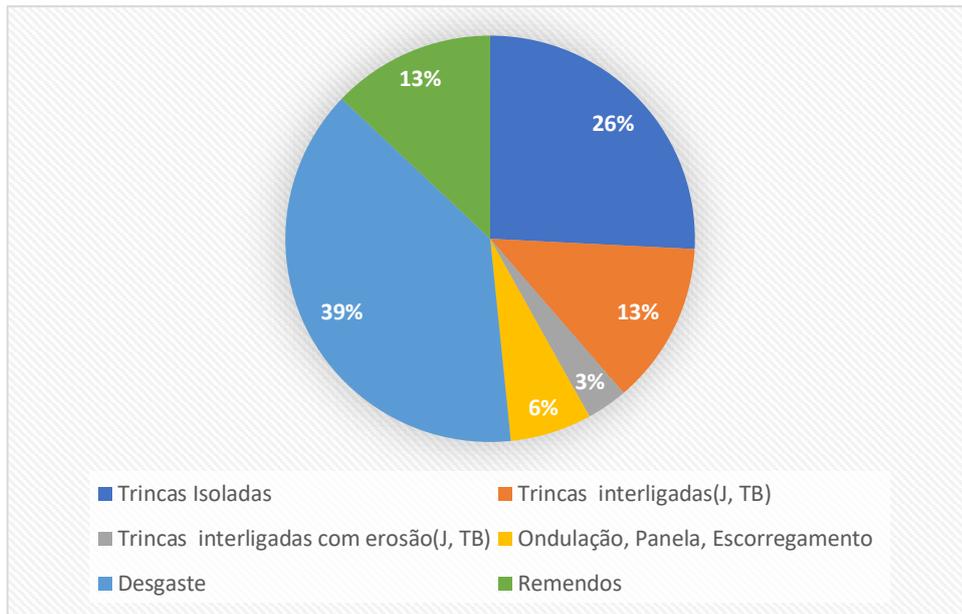
É importante ressaltar que ao longo dos três trechos foram contabilizadas poucas ocorrências de afundamentos, o que indica que a estrutura mais profunda do pavimento ainda se encontra em boas condições. Constata-se também que as propriedades dos materiais que compõem o pavimento se alteram a partir do uso, piorando gradualmente. Essa piora está associada ao tempo de vida do pavimento, mas também às características do tráfego e às condições climáticas.

Verificou-se que no trecho 1, existiu a predominância de desgaste ao longo de quase todas as estacas do trecho, onde cerca de 39% do total das patologias presentes eram deste tipo. Também é possível observar que cerca de 26% do total das patologias presentes eram de trincas isoladas, 13% de trincas interligadas do tipo jacaré, 13% de remendos, 6% de painelas e cerca de 3% de trincas interligadas do tipo jacaré com erosão. Assim, é notório a existência de arrancamento progressivo do agregado do pavimento e uma grande quantidade de trincas isoladas, onde segundo Silva (2008) são causadas devido a fadiga ou a retração térmica. Isso demonstra que o trecho está bastante desgastado e com muitas trincas e isso potencializa e aumenta sua deterioração cada vez mais com o passar do tempo. É importante destacar que foi detectado fissuras em 10 das 13 estacas analisadas, apesar destas ainda não causam problemas funcionais nem estruturais no pavimento, o que indica, segundo o estudo do CNT (2018) a causa do arrancamento progressivo do agregado pode ser o excesso de finos, problemas executivos ou de projeto de misturas. Conforme podemos observar a partir dos Gráficos 1 e 2:

Gráfico 1 - Frequência dos defeitos por estação no trecho1.



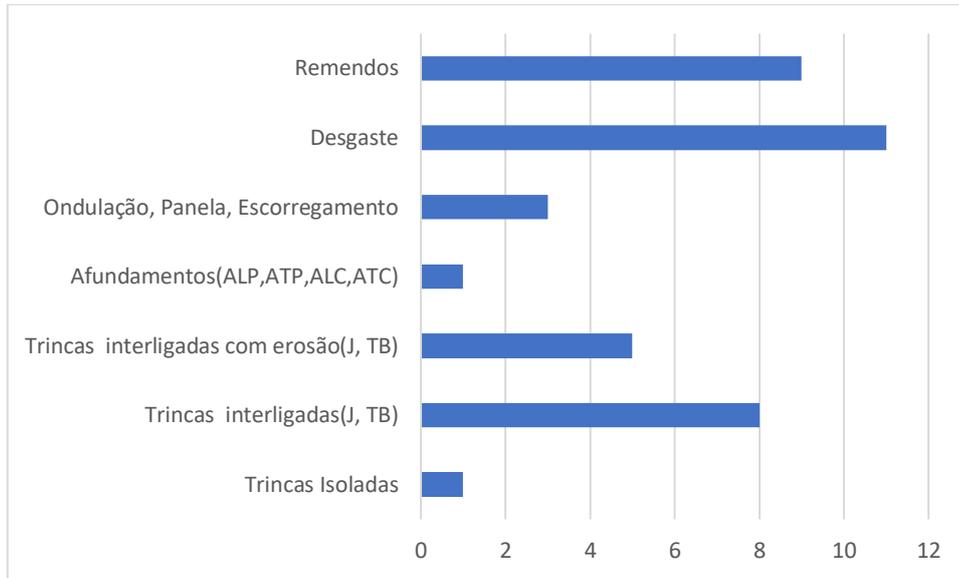
Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Gráfico 2 - Porcentagem dos defeitos do trecho 01.

Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

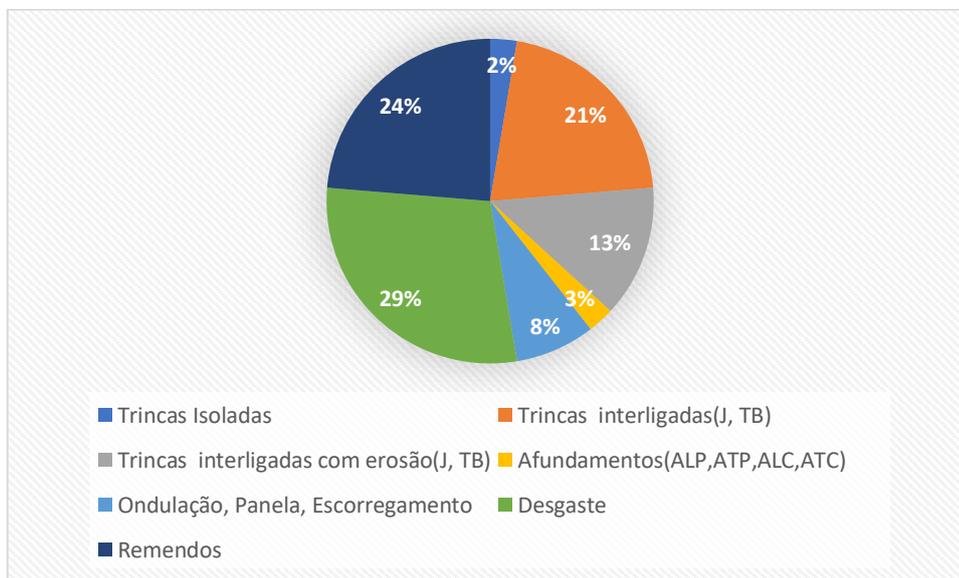
Pode-se observar a partir dos gráficos 3 e 4 que no trecho 2 existem ondulações que representam cerca de 8% do total de patologias, ocorre também afundamento local de consolidação, porém o destaque é o grande predomínio de desgaste ao longo de quase todas as estacas do trecho, onde cerca de 29% do total das patologias presentes eram deste tipo, também é possível observar que existe uma grande quantidade de remendos, correspondendo a cerca de 24% do total de patologias. Outra bastante presente durante todo o trecho e de notória severidade foi a presença de trincas interligadas do tipo “couro de jacaré” e “couro de jacaré” com a presença de erosão, o que indica segundo Silva (2008), que são causadas por fadiga, mas encontramos também trincas interligadas do tipo bloco que são ocasionadas devido a retração do revestimento. A partir da análise das patologias encontradas, a causa mais provável destas é o envelhecimento do pavimento (fim da vida), assim como asfalto duro ou quebradiço. Através do IGG deste trecho é possível notar que dentre os trechos estudados, este é o que está com o maior nível de deterioração.

Gráfico 3 - Frequência dos defeitos por estação no trecho 2.



Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Gráfico 4 - Porcentagem dos defeitos do trecho 02.

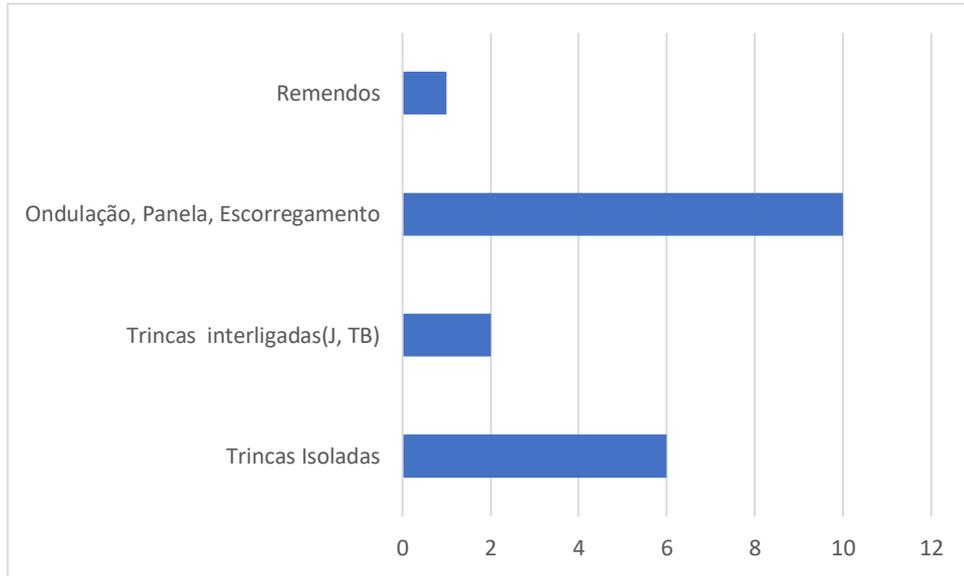


Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Dentre os trechos estudados o menos deteriorado é o trecho 3. Porém, este possui algumas patologias presentes de grande impacto no conforto ao rodar, principalmente a presença de ondulações nas quais segundo Silva (2008), ocorrem devido à baixa estabilidade da mistura asfáltica, quando sujeita ao tráfego e ao intemperismo. Assim como um número considerável de fissuras que representam cerca de 32% do total de patologias, o que sugere que

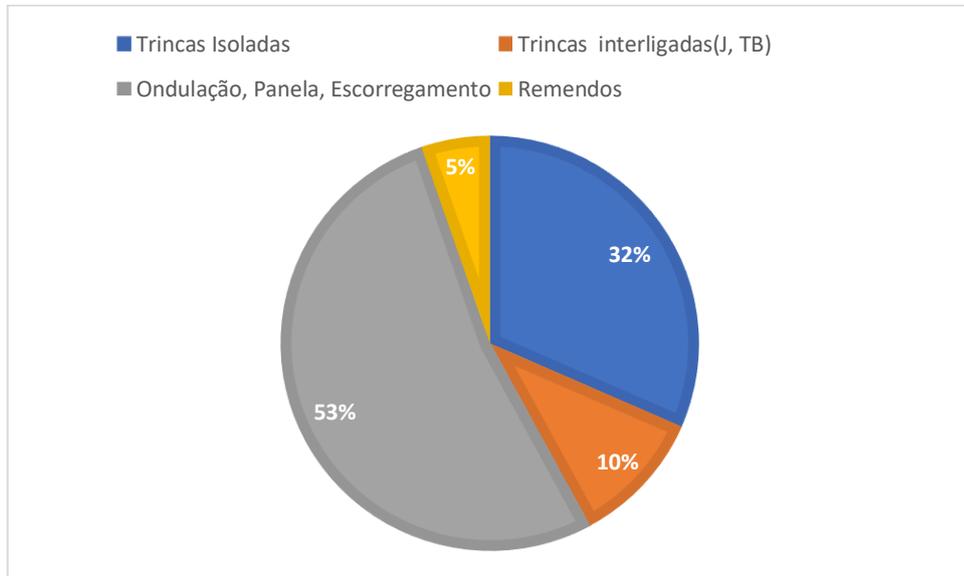
o trecho passou por um subdimensionamento ou má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento. Conforme podemos observar através do Gráfico 5 e 6:

Gráfico 5 - Frequência dos defeitos por estação no trecho 3.



Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

Gráfico 6 - Porcentagem dos defeitos do trecho 03.



Fonte: Arquivo próprio do Autor, 2022.

5. CONCLUSÕES

A partir dos levantamentos realizados e dos resultados obtidos empregando o Procedimento DNIT-PRO 006/2003, foi possível concluir que:

- a) Através da verificação *in loco* e das pesquisas bibliográfica foi possível concluir que as manifestações patológicas mais recorrentes nos três trechos, objeto de estudo deste trabalho, são trincas isoladas, trincas interligadas tipo “couro de jacaré”, desgaste, panelas, ondulações e remendos feitos a alguns anos. Em tese falta de drenagem, fadiga do pavimento, problemas de execução, manutenção e tráfego de veículos pesados, juntamente com infiltrações decorrentes de intempéries, são os principais motivos para a formação das patologias citadas nesse trabalho.
- b) Conforme o IGG de cada trecho, o que contém o maior número de patologias e conseqüentemente, possui o maior IGG é o trecho 02. Já o que contém o menor número e em decorrência disso possui um menor IGG é o trecho 3.
- c) Os trechos em questão foram avaliados pelo método IGG e classificados em “ruim” estado de conservação, dessa forma, não contemplam os níveis de padrões de segurança e conforto ao rodar, uma vez que são parâmetros importantes para os usuários, assim faz-se necessário que sejam adotadas medidas de recuperação dos pavimentos estudados.
- d) O método IGG se apresentou como uma avaliação de baixo custo, rápida, fácil, simples e eficiente, se mostrando ser uma ferramenta boa e importante para o estudo dos pavimentos, para assim indicar as patologias presentes, seu real estado e se é ou não necessário fazer recuperação.

Enfim, o avanço e desenvolvimento de patologias em pavimentos brasileiros é um problema recorrente, e isso se dá pela falta de investimentos, de manutenção do pavimento, e de fiscalização dos órgãos gestores ou até mesmo o uso de técnicas ultrapassadas para a execução do pavimento. Para que ele mantenha um nível de serviço adequado em relação ao rolamento, à segurança e à capacidade de suporte da carga do tráfego, se faz relevante que ocorram intervenções de restauração.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, MARIO HENRIQUE FURTADO, **Pavimentação**. Universidade Federal do Paraná, 2010.

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: 1 out. 2022.

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

BALBO, J. T., **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo. Plêiade, 1997.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, Brasil: Petrobras, 2010.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B., **Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro, PETROBRAS: ABEDA, 2008.

BOYU ZHAO, T. NAGAYAMA, Kai Xue. **Road profile estimation, and its numerical and experimental validation, by smartphone measurement of the dynamic responses of an ordinary vehicle**. *Journal of Sound and Vibration*, Volume 457, Pages 92-117, ISSN 0022-460X, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2019.05.015>, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Transporte rodoviário: impactos da qualidade do asfalto sobre o transporte rodoviário**. Brasília, 2019. 75 p. Disponível em: [//cnt.org.br/impactos-qualidade-asfalto-transporte-rodoviario](http://cnt.org.br/impactos-qualidade-asfalto-transporte-rodoviario). Acesso em: 13 nov. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Transporte rodoviário: Estudo “Por que os pavimentos do Brasil não duram?” explica características e causas das falhas mais comuns identificadas em rodovias brasileiras**. <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/conheca-principais-defeitos-pavimento>. Acesso em : 08/12/2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT rodovias 2021: relatório gerencial**. Brasília. CNT: SEST:SENAT, 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003, 12 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003, 10 p.

FERNANDES JR., ODA, S & ZEBRINI, L.F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 1999.

FERNANDES JÚNIOR, José Leomar. **Investigação dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de pavimentos**. 1994. Tese (Doutorado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995. doi:10.11606/T.18.2018.tde-09042018-102257. Acesso em: 2022-12-13.

GOOGLE MAPS. Cidade e rotas Crateús, CE. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/dir/-5.1753064,-40.6639087/-5.1769904,-40.6655766/@-5.175801,-40.6656719,18.25z/data=!4m2!4m1!3e3> > Acesso em julho de 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRATEÚS. **Plano diretor de desenvolvimento urbano – PDDU**, Lei 453, de 28 de junho de 2001.

SILVA, Joyce Pascoal de Oliveira; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de; ARAÚJO, Carla Beatriz Costa de. **Análise funcional comparativa de trecho da BR-116 no estado do Ceará**. Revista Tecnologia, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 1-21, 2018. Fundação Edson Queiroz. DOI: <http://dx.doi.org/10.5020/23180730.2018.7427>.

SILVA, P.F.A., **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2. ed. São Paulo. Pini, 2008.

VIEIRA, Suyanne Alves; PINHO JÚNIOR, Antônio Adilson EufRASINO de; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de; AGUIAR, Marcos Fábio Porto. **Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e PCI**. Conexões - Ciência e Tecnologia, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 20-30, 28 nov. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v10i3.799>.

XUE, Wenjing & Wang, Dong & Wang, Linbing. (2012). **A Review and Perspective about Pavement Monitoring**. *International Journal of Pavement Research and Technology*. 5. 295-302.