

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DA PR 473 ENTRE QUEDAS DO IGUAÇU E ESPIGÃO ALTO DO IGUAÇU – PR

GABRIELLA KRISTINE KARNOSKI^{1*}; MAYCON ANDRÉ DE ALMEIDA²

¹Discente, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR, gabi.karnoski@gmail.com;

² Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento do Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR, mayconalmeida@creapr.org.br.

RESUMO: Com o incessante tráfego de veículos, a durabilidade da pavimentação acaba decaindo, o que faz com que apareçam patologias no pavimento. A determinação da condição superficial de um pavimento asfáltico, bem como o estudo dos tipos e causas dos defeitos, é de enorme relevância para que sejam efetuados projetos compatíveis com a necessidade de conservação e/ou recuperação das vias, de modo que os investimentos em manutenção de rodovias sejam empregados de forma rigorosa. Portanto, o estudo teve como objetivo geral analisar e classificar o estado de deterioração da PR 473, limitada entre as cidades de Quedas do Iguaçu e Espigão Alto do Iguaçu, em um trecho composto por 5 quilômetros. Através de visitas *in loco* e embasamentos bibliográficos foram realizados a qualificação e a quantificação das patologias presentes no pavimento classificando-as em afundamentos, fendas, corrugações, escorregamentos, exsudações, desgastes, panelas e remendos. Baseada no Procedimento 006/2003 do DNIT, foram realizados os levantamentos de campo com estações a cada 20 metros, alternadas em relação ao eixo da pista de rolamento. Com os dados já coletados, pôde-se calcular o Índice de Gravidade Individual (IGI) e posteriormente o Índice de Gravidade Global (IGG) de cada trecho, determinando assim a atual situação do pavimento analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Patologia, Pavimento, Índice de Gravidade Global.

1 INTRODUÇÃO

O bom funcionamento das atividades sociais e econômicas está ligado diretamente ao adequado dimensionamento e a conservação das infraestruturas de transporte. Os meios de transporte são elementos de extrema importância para o desenvolvimento de uma determinada região pois são eles que viabilizam todos os setores da economia através da movimentação de mercadorias, pessoas e serviços.

Em vista disso, a pavimentação tem como foco o avanço operacional do tráfego, já que as rodovias são, na atualidade, o principal meio de escoamento de cargas e pessoas no Brasil. Tendo como objetivo resistir os esforços provenientes de cargas e ações climáticas, o estado das pistas de rolamento está diretamente ligado ao tráfego de veículos e as condições em que o pavimento está submetido. Portanto, impreterivelmente, devem ser levados em conta, no seu

dimensionamento, estudos de tráfego de veículos e condições ambientais, lembrando de analisar as questões econômicas e de disponibilidade de materiais.

Conforme pesquisa do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2018), o País conta com 1,7 milhões de quilômetros de estradas, entretanto, apenas 13%, ou 221.820 quilômetros estão pavimentados, já as demais não possuem qualquer tipo de pavimentação. Além disso, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2018), a maioria das rodovias pavimentadas são compostas por pistas simples (92,7%), que se encontram em péssimo estado, ocorrendo devido a isso uma sobrecarga da malha rodoviária e o aumento do risco e do número de acidentes no trânsito. Somente no ano de 2017, foram estimados 58.716 acidentes com vítimas e 6.243 óbitos ocorridos nas rodovias federais, número exorbitante se comparado a extensão da malha brasileira. Esses dados correspondem a 71,4% das mortes registradas no ano de 2017.

Segundo Batista (2018), os índices são preocupantes e demonstram que a solução passa, inevitavelmente, por investimentos em infraestrutura, expansão e melhoria da qualidade da malha rodoviária, ocorrendo conseqüentemente a redução dos problemas das vias, ou seja, a diminuição dos acidentes, permitindo mais conforto e segurança aos usuários.

De acordo com a CNT (2017), o Brasil ainda utiliza um método empírico para o dimensionamento dos pavimentos que não leva em consideração teorias sobre o comportamento elástico das camadas do pavimento e que consideram as condições climáticas como única para todo o Brasil, não incorporando as especificidades climáticas de cada local.

Ainda conforme a CNT (2017), os veículos atuais possuem capacidade de carga muito maiores do que os da época do método brasileiro de dimensionamento, revisado em 1960. Portanto, o carregamento no qual a rodovia está atualmente submetida acaba sendo muito maior do que para qual ela foi projetada. É válido também lembrar que as formas de execução nem sempre são apuradas, ocorrendo negligências de normas técnicas e como consequência o não cumprimento das mesmas, baixa fiscalização e pouquíssima manutenção e gerenciamento.

Fundamentada nestas informações, a presente pesquisa se justifica devido ao fato que as patologias nos pavimentos flexíveis são um elemento responsável por desconforto e risco de acidentalidade aos usuários, sendo o trecho em estudo alvo de acidentes que provavelmente poderiam ser evitados com uma pavimentação de melhor qualidade.

De acordo com todas as informações expostas anteriormente, este trabalho terá como objetivo geral analisar as manifestações patológicas existentes na PR 473 entre as cidades de Quedas do Iguaçu e Espigão Alto do Iguaçu – PR, trecho este composto por 5 km, trazendo como meta o levantamento das patologias, quantificação e qualificação.

- a) Levantar as ocorrências patológicas/imperfeições existentes na PR 473 do trecho de Quedas do Iguaçu a Espigão Alto do Iguaçu - PR;
- b) Verificar a frequência de ocorrência das patologias no trecho;
- c) Calcular e definir a degradação da rodovia em função do Índice de Gravidade Global (IGG).

2.1 Classificação dos pavimentos

Figura 1 – Seção transversal típica de pavimento flexível



Os pavimentos rígidos (Figura 2), por sua vez, são compostos por placas de concreto (Cimento Portland), podendo ser armadas ou não, apoiadas em estrato granular. Essas placas, possuem como função a absorção dos esforços advindos do carregamento aplicado ao pavimento, possuindo altíssima rigidez em relação as demais camadas inferiores (DNIT, 2006).

Figura 2 – Seção transversal típica de pavimento rígido



Fonte: Tavares e Carpenedo (2015).

Por fim, os pavimentos semirrígidos são aqueles que apresentam uma situação intermediária entre os demais pavimentos, rígido e flexível, sendo utilizado misturas como solo-betume, solo-cimento, solo-cal, entre outras (DNIT, 2006).

2.2 Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)

O concreto asfáltico (CA), também chamado como concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), é a mistura usinada mais empregada no Brasil. É composto normalmente por um agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e um ligante (CAP - Cimento Asfáltico de Petróleo), obtido da destilação fracionada do petróleo. A mistura dos materiais (agregados e ligante) é realizada a quente em uma usina de asfalto e transportada até o local de sua aplicação por caminhões especialmente equipados onde é lançado por equipamento adequado. Após seu lançamento a mistura é compactada por rolos compactadores até atingir a densidade especificada em projeto e o grau de compressão no qual resulte em um arranjo estrutural resistente e estável (BERNUCCI, et al. 2008).

2.3 Situação do Brasil

Segundo a CNT (2018), analisando 107.161 km, equivalente a toda a malha federal pavimentada e alguns trechos estaduais, também pavimentados, foram obtidos dados que mostram que 57% dos trechos apresentaram algum tipo de problema no estado geral, que incluem a sinalização, a geometria e também a avaliação conjunta da via. Desses 57%, no que diz respeito ao pavimento, 50,9% dos trechos avaliados receberam classificações regular, ruim ou péssimo. Já quanto à sinalização, 44,7% da extensão das rodovias apresentaram algum tipo de deficiência. De 2017 para 2018, o número de pontos críticos ultrapassou os 25%, ocorrendo um aumento de 363 para 454.

A depreciação da malha rodoviária é resultado de insuficientes investimentos em infraestrutura de transporte, decorrente da redução do fluxo de recursos destinado ao setor. A precariedade de alguns trechos aumenta os custos de operação do setor e compromete a segurança viária, o que amplia o tempo de viagem e gera perda de eficiência logística. Nesse cenário, há mais acidentes e ascensão do preço do frete, consequentemente, subindo também os valores dos produtos. No ano de 2017, um estudo mostrou uma elevação média de 27% nos custos de transporte no Brasil devido às más condições das rodovias. Se considerar os trechos em que o pavimento é avaliado como péssimo, esse acréscimo é superior a 90% (CNT, 2017).

O histórico desse estudo consolidado revela a necessidade de priorizar o setor de transporte para que a logística se torne mais competitiva e que o Brasil ofereça melhores condições de segurança para a sociedade (CNT, 2015). Paulo Resende (2018), ainda comenta que a precariedade das estradas brasileiras além da perda de dinheiro está ocasionando perdas de vidas, o que é o mais importante.

2.4 Principais patologias em pavimentos flexíveis

As patologias podem aparecer antecipadamente nos pavimentos, devido a falhas no processo que reduz a vida útil do pavimento. Essas falhas podem atuar em conjunto ou individualmente, sendo erros de projetos, falha na seleção, dosagem ou produção de materiais, falhas construtivas e nas escolhas de processos de manutenção ou conservação (BERNUCCI, 2008). Os defeitos citados na norma do DNIT 005/2003 – TER (Terminologia) são definidos como: Fenda (F); Afundamento (A); Corrugação ou ondulação (O); Escorregamento (E);

Exsudação (EX); Desgaste ou desagregação (D); Panela ou buraco (P) e Remendos (R) como indica a Tabela 1.

Tabela 1 – Definição das patologias

PATOLOGIA	DEFINIÇÃO
Fenda (F)	Qualquer interrupção da continuidade do pavimento, sendo aberturas de pequeno ou grande porte, podendo se apresentar de diversas formas, como fissuras e trincas.
Afundamento (A)	Deformação definitiva caracterizada por depressão da superfície do pavimento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.
Ondulação ou corrugação (O)	Deslocamento plástico do pavimento asfáltico, que se caracteriza por ondulações ou corrugações ao longo da superfície da via, normalmente em áreas de frenagem.
Escorregamento (E)	Caracteriza-se por uma curta e brusca onda na superfície do pavimento, geralmente acompanhada por fendas em forma de meia lua.
Exsudação (EX)	Alto teor de ligante betuminoso no revestimento, no qual forma uma lâmina de ligante em sua superfície.
Desgaste (D)	Resultado da perda crescente do agregado e betume do revestimento. Caracteriza-se por sua brusquidão superficial do pavimento, em consequência dos esforços causados pelos veículos.
Panela ou buraco (P)	São depressões de variadas dimensões e profundidades, podendo alcançar camadas inferiores do pavimento. Essa patologia é grave, pois afeta estruturalmente o pavimento no qual facilita a penetração da água em seu interior, como consequência afeta a segurança e o conforto dos usuários da rodovia.
Remendo (R)	Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”.

Fonte: Adaptado de DNIT 005/2003 – TER.

2.5 Avaliação superficial de pavimentos flexíveis

De acordo com Marcon (1996), o objetivo central da avaliação superficial de pavimentos é identificar os defeitos existentes e classificá-los em tipo do defeito, severidade e dimensão dos mesmos. Realizada por meio de procedimentos padrões de inspeção, a metodologia a ser adotada na avaliação de pavimentos deve considerar os aspectos mais relevantes e a especificidade do pavimento a ser estudado, bem como o objetivo a ser alcançado. Ainda segundo Marcon (1996), a eficiência destas técnicas é variável e depende especialmente do grau de detalhamento e do número de variáveis a levantar que como resultado elevam os custos da avaliação.

Essa avaliação pode ser realizada de 3 formas, existindo, portanto, atualmente 3 métodos de avaliação superficial de pavimentos fornecidos pelo DNIT, sendo eles: PRO 006/2003 (Procedimento), PRO 008/2003 (Procedimento) e o PRO 009/2003 (Procedimento). DNIT (2003) define o método PRO 006/2003 como a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, mediante a contagem e a classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda. Já o PRO 008/2003 é composto pelo levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos na determinação do valor do ICPF – Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis ou semirrígidos, ao mesmo tempo em que proporciona também as informações necessárias para o cálculo do IGGE – Índice de Gravidade Global Exedito e do IES – Índice do Estado de Superfície. Para finalizar, o DNIT disponibiliza o PRO 009/2003, que é um método para a avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, que possui como objetivo determinar o valor de serventia atual do pavimento, indicando o grau de conforto e suavidade ao rolamento proporcionado pelo mesmo.

2.6 Índice de Gravidade Global (IGG)

Obtido através do método DNIT 006/2003 – PRO, o Índice de Gravidade Global (IGG) serve como parâmetro numérico para avaliação da deterioração do pavimento rodoviário, repercutindo também na situação de cada trecho considerado de forma isolada, permitindo a comparação entre os trechos distintos (FILHO; FELEX; RODRIGUES, 1996).

O IGG está baseado na caracterização de manifestações patológicas que podem ser encontradas nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, determinando as condições da superfície

do pavimento mediante a contagem e a classificação de ocorrências aparentes (PEREIRA, 1976 *apud* PAÉZ, 2015). A amostragem é feita a uma distância de 20 em 20 metros alternados em relação ao eixo da pista, avaliando a cada demarcação uma seção de 6 metros de comprimento pela largura da faixa de rolamento.

Este índice de avaliação é utilizado no Brasil para a determinação da situação do pavimento e é considerado uma avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos (DNER 008/1994 PRO, substituída pela norma DNIT 006/2003 PRO). A avaliação é feita em campo registrando-se em uma planilha os tipos e níveis de severidade dos defeitos, para depois classificá-los de acordo com os conceitos estabelecidos pelo DNIT.

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2007), a pesquisa é um método de estudo racional e sistêmico que têm como foco conceder respostas aos problemas oferecidos. A pesquisa deve-se desenvolver por processos compostos por diversas fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados. Esta pesquisa, de acordo com sua abordagem, classifica-se como qualitativa e quantitativa. Segundo Goldenberg (1997), a pesquisa qualitativa baseia-se no aprofundamento e na compreensão do objeto em estudo, utilizando-se no caso deste artigo a discriminação e análise dos defeitos encontrados dispondo-se da análise visual. Já a pesquisa quantitativa de acordo com Fonseca (2002), é caracterizada pelo fato dos resultados serem quantificados e centrados na objetividade constituindo os dados reais encontrados na rodovia de forma objetiva para que o pavimento fosse classificado.

3.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

O estudo foi embasado no método objetivo de avaliação superficial de pavimentos flexíveis conhecido como PRO 006/2003 do DNIT, e através dele foi determinado o Índice de Gravidade Global, executando a contagem e a classificação das patologias visíveis utilizando trena para a medição das extensões das trincas e das flechas.

A análise foi realizada *in loco*, na qual efetuaram-se inspeções visuais das manifestações patológicas aparentes da PR 473, no trecho de Quedas do Iguaçu a Espigão Alto do Iguaçu. O trecho analisado é composto por pista simples, com 5 km de extensão e várias patologias. Para execução da avaliação foi preciso ter o conhecimento dos termos técnicos que codificam as patologias que podem ser detectadas e que estão relatadas na terminologia 005/2003 do DNIT.

3.2 Caracterização da amostra

A PR 473 possui cerca de 114 km de extensão e origina-se após a bifurcação da PR 281 na cidade de Dois Vizinhos, passando por Cruzeiro do Iguaçu, Quedas do Iguaçu, Espigão Alto do Iguaçu estendendo-se até a cidade de Nova Laranjeiras. Para o mapeamento das patologias, foi considerado o trecho entre o KM 41 ao KM 36, no sentido Quedas do Iguaçu a Espigão Alto do Iguaçu, como está representada na Figura 3. Foram mapeadas a pista simples existente (lado direito e lado esquerdo), totalizando 5 km de análise.

Figura 3: Localização do segmento



Fonte: Google Earth (2019).

Essa rodovia estadual está localizada na região centro-oeste do Paraná e é de extrema importância para os agricultores locais, pois é através dela que ocorre a movimentação dos grãos produzidos no interior de ambas as cidades para as cooperativas armazenadoras, movimentando assim a economia da região. Composta por pavimento flexível, de mistura usinada do tipo CBUQ, a Figura 4 demonstra o local de início do levantamento. Entretanto, devido ao fato das demarcações (placas) estarem dispostas a cada 2 quilômetros, não foi possível registrar o marco quilométrico de análise final.

Figura 4: Local de início do levantamento das manifestações patológicas



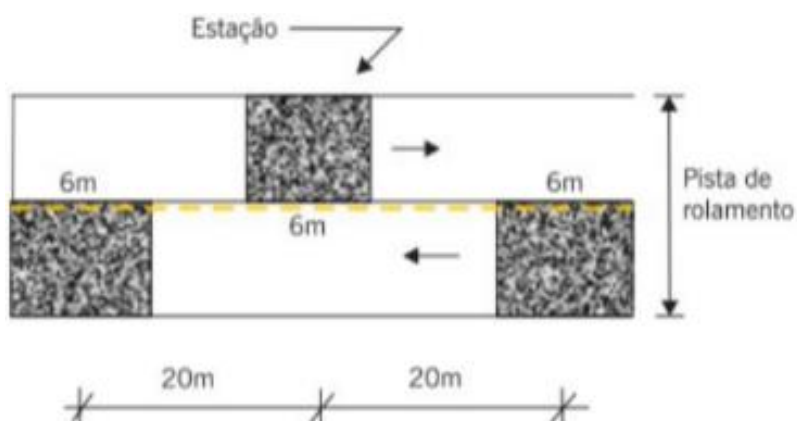
Fonte: Autora (2019).

3.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Durante os meses de julho e agosto de 2019, foram realizados a coleta de dados e os registros fotográficos dos defeitos encontrados, bem como a contagem e identificação dos mesmos. As visitas foram realizadas no período da manhã e da tarde, variando os horários conforme o tráfego de veículos, dando preferência para horários de tráfego menos intenso. Para a coleta de dados, foram utilizadas as tabelas normativas oferecidas pelo DNIT (2003), e para a discriminação das patologias e quantitativo das mesmas a norma DNIT 005/2003 – TER.

O levantamento das patologias ocorreu a cada 20 metros alternados em relação ao eixo da pista de rolamento, ou seja, de 40 em 40 metros em cada faixa de tráfego, como prevê a norma e demonstra a Figura 5.

Figura 5 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos



Fonte: BERNUCCI, et al. (2008).

Em cada área demarcada foram anotadas a presença de qualquer ocorrência (defeito) no pavimento, de acordo com a norma DNIT 005/2003-TER, com as seguintes particularidades: as Trincas Isoladas foram anotadas como do Tipo I e os Remendos Superficiais e Remendos Profundos foram anotados como Remendos – R. A Tabela 2 demonstra o inventário disponibilizado pelo DNIT (2003), utilizado para o levantamento e qualitativo das patologias existentes na rodovia.

Tabela 2 – Levantamento das manifestações patológicas

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (DNIT 006/2003-PRO)																								
RODOVIA:										OPERADOR:										FOLHA:				
TRECHO:										REVESTIMENTO:														
SUBTRECHO:																								
Estaca ou KM	Lado (LD/LE)	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						FLECHAS		OBS:		
		ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID										
		FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R		TRI	TRE
								J	TB	JE	TBE													
		1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8		mm	mm

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO.

Para a discriminação das patologias, o DNIT fornece uma codificação dos defeitos que poderão ser encontrados nas rodovias, representados na Figura 6. Essa codificação serve como base para o preenchimento da tabela de inventário do estado da superfície do pavimento, na qual está listada todos os defeitos. A classificação é separada por estaca ou por KM, lados (direito e esquerdo) e as respectivas patologias. A cada estação analisada, todos os defeitos encontrados na faixa que corresponde aos 6 metros de análise deverão ser contabilizados, para que após o estudo em campo, seja realizado os cálculos necessários para a obtenção do Índice de Gravidade Global.

Figura 6 – Resumo dos defeitos – codificação e classificação

FENDAS				CODIFICAÇÃO
Fissuras				FI
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC
			Longas	TTL
		Longitudinais	Curtas	TLC
			Longas	TLL
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solocimento) ou do revestimento		TRR
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos			Remendo Superficial	RS
			Remendo Profundo	RP

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO.

Além da classificação das patologias e quantitativo das mesmas utilizou-se a norma PRO 006/2003 do DNIT para a definição do IGG, buscando definir o nível de deterioração do pavimento flexível.

De acordo com a codificação da norma DNIT 005/2003-TER, devem ser calculadas as frequências absolutas e relativas das ocorrências inventariadas de acordo com a Tabela 3, sendo a frequência absoluta (fa) equivalente ao número de vezes em que a ocorrência foi mensurada.

Tabela 3 – Formulário para cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG)

Rodovia:			Subtrecho:			Estaca ou KM	
Trecho:			Revestimento:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	IGI	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC-2) J, TB				0,5		
3	(FC-3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9		
5	O, P, E				1		
6	EX				0,5		
7	D				0,3		
8	R				0,6		
9	Média aritmética dos valores médios da 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 ()		
Número total de estações:		n =	Σ IND. GRAVIDAD. IND = IGG				
1 A) IGI = F X 4/3 quando F ≤ 30		1 B) IGI = 40 quando F > 30					
2 A) IGI = FV quando FV ≤ 50		2 B) IGI = 50 quando FV > 50					

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO.

A frequência relativa (fr) é calculada através da Equação 1:

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad (1)$$

Onde:

fr – frequência relativa, fa – frequência absoluta e n – número de estações inventariadas.

Já o Índice de Gravidade Individual (IGI) é calculado para cada tipo de patologia encontrada no segmento e é expresso pela Equação 2:

$$IGI = fr \times fp \quad (2)$$

Onde:

IGI – Índice de Gravidade Individual, fr – frequência relativa e fp – fator de ponderação, obtido de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Fator de ponderação

Ocorrência tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a norma DNIT 005 – 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 cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGG); 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 – PRO.

Além disso, há parâmetros a serem verificados antes do cálculo do Índice de Gravidade Global, sendo eles a média e a variância das flechas medidas em trilhas de roda, tanto interna quanto externa, em ambos os lados, direito e esquerdo. Esses parâmetros são representados pelas Equações 3 e 4 respectivamente:

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Onde:

$\bar{x}$ – média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE), x_i – valores individuais, s – desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE) e s^2 – variância.

Já o Índice de Gravidade Global (IGG) é obtido através do somatório de todas as seções analisadas e expresso pela equação $IGG = \sum IGI$, onde IGG – Índice de Gravidade Global e IGI – Índice de Gravidade Individual.

Por fim, a conceituação de degradação da rodovia analisada é obtida através dos resultados do IGG onde, com a extração destes dados, realiza-se a classificação do grau de degradação de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Conceito de degradação do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DE RESULTADOS

Foram quantificadas e qualificadas as patologias presentes na PR 473 do KM 41 ao KM 36 (totalizando 5 quilômetros), segmento situado no centro-oeste do estado do Paraná. O trecho onde foram analisadas as patologias teve como ponto principal os tipos classificados como trincas do tipo couro de jacaré, trincas longitudinais e transversais longas, trincas transversais curtas e remendos.

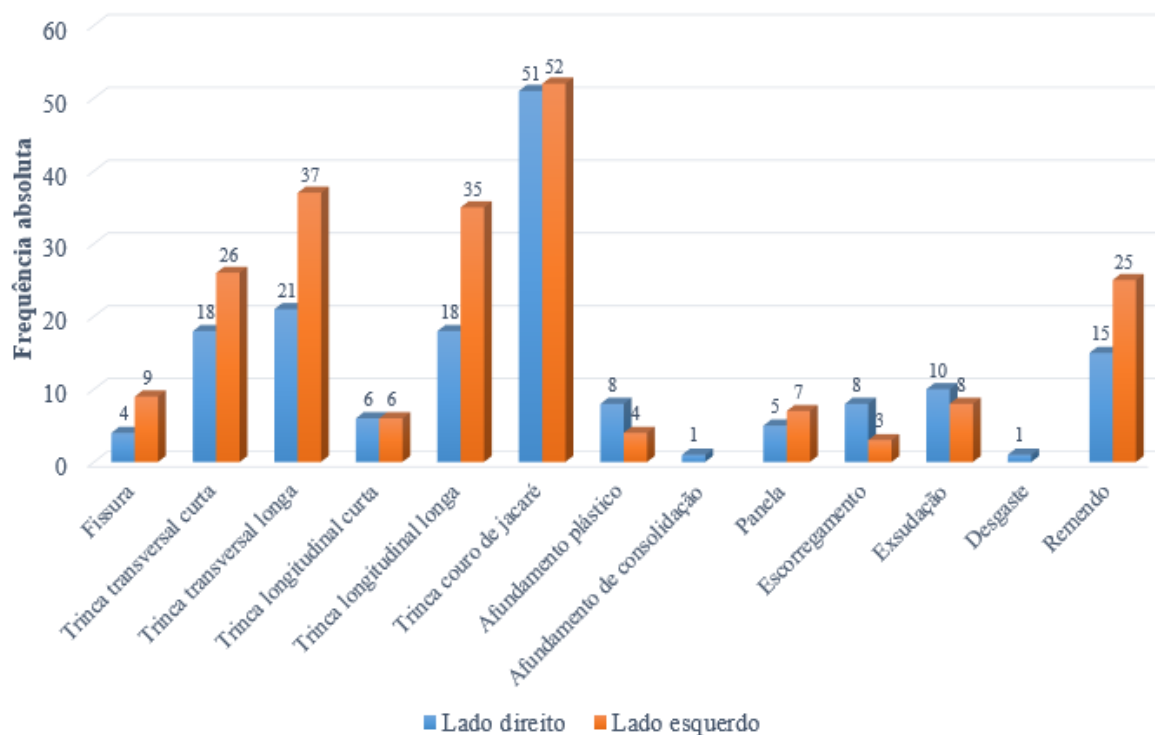
Para a quantificação dos defeitos, foi utilizada a tabela de inventário para a contagem das patologias, primeiro passo sugerido pela norma DNIT 006/2003 – PRO, na qual esta pesquisa foi equitativamente embasada. Conhecendo a frequência das patologias, passou-se a proceder aos cálculos para obter o índice de degradação da via.

4.1 Patologias encontradas

São apresentadas abaixo as frequências das manifestações patológicas encontradas do lado direito e do lado esquerdo da pista ao longo dos 5 km. Nota-se que as patologias com maiores ocorrências do lado direito são as trincas do tipo couro de jacaré e as trincas transversais longas que correspondem a 43,40 % do total das patologias encontradas no lado direito. As trincas transversais curtas, longitudinais longas e os remendos somam 30,70 % do total, restando as ocorrências de menor frequência que foram as fissuras, trincas longitudinais curtas, os afundamentos, panelas, escorregamentos, exsudação e desgaste, totalizando 25,90 %.

Por sua vez, o lado esquerdo da pista foi o lado em que ocorreu maior incidência de manifestações patológicas, correspondendo a 56,08% dos defeitos encontrados, justificados devido ao maior tráfego de caminhões carregados para a cooperativa de grãos existente no KM 38. As patologias com maior frequência foram as mesmas que as do lado direito, alterando apenas as porcentagens encontradas. Nota-se que houve uma significativa quantidade de manifestações do tipo couro de jacaré, trincas longitudinais e transversais longas equivalente a 58,5 % do total. As trincas transversais curtas e os remendos totalizaram 24,05 %, restando as demais patologias com 17,45%, como demonstra a Figura 7.

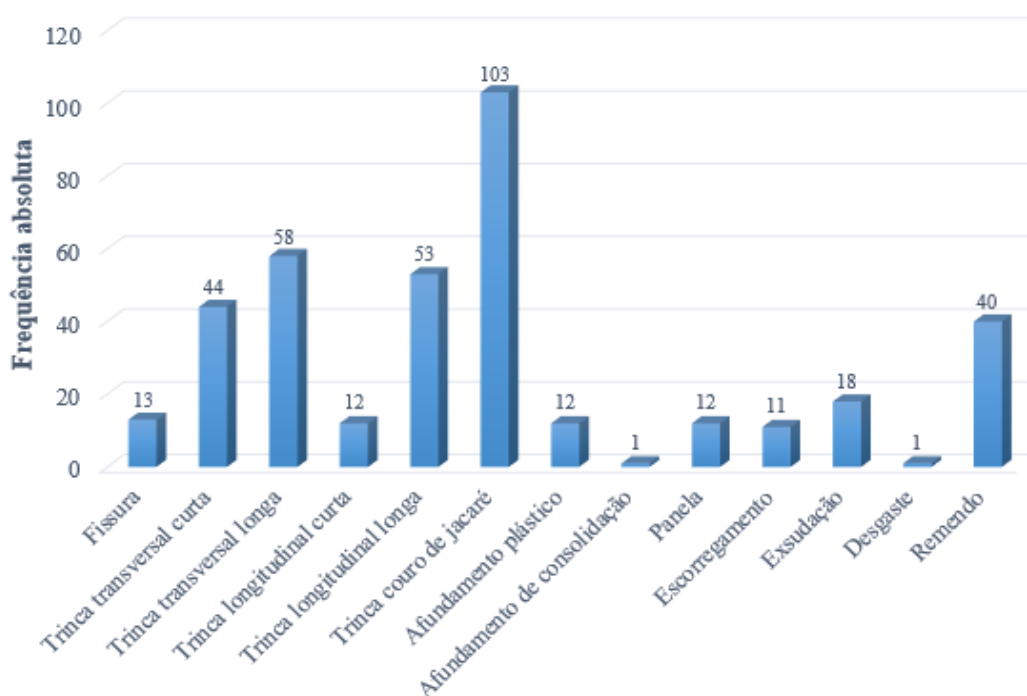
Figura 7: Patologias encontradas na PR 473 KM 41 – KM 36



Fonte: Autora (2019).

No trecho de análise deste estudo foram encontrados 13 tipos de patologias. Nota-se que as patologias que apresentaram maior incidência foram as trincas do tipo couro de jacaré, trincas transversais e longitudinais longas, as trincas transversais curtas além dos remendos, como demonstra a Figura 8, resultante do trecho analisado.

Figura 8: Resultante do trecho analisado



Fonte: Autora (2019).

As trincas couro de jacaré tratam-se de um estado de pós-fissuras agravadas. São encontradas na forma de trincas interligadas sem direções definidas, sendo um defeito estrutural, causadas principalmente pela fadiga dos materiais das camadas betuminosas devido a repetição do eixo padrão (Figura 9). No trecho analisado, as trincas couro de jacaré corresponderam a 27,25 % do total das manifestações patológicas encontradas. Essas trincas, se não reparadas, desencadearão painelas, o que já pode ser visto na Figura 10.

Figura 9: Trinca couro de jacaré KM 37 lado direito



Fonte: Autora (2019).

Figura 10: Trinca couro de jacaré KM 40 lado esquerdo



Fonte: Autora (2019).

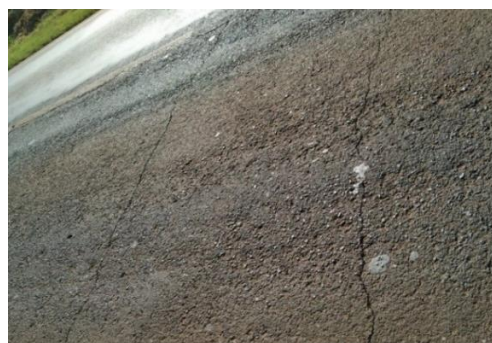
Já as trincas transversais curtas e longas constituem-se de trincas isoladas perpendiculares ao eixo do pavimento, correspondendo a 26,98 % das manifestações patológicas encontradas (Figura 11 e 12). Se a extensão das trincas for até 100 cm é denominada trinca transversal curta, já quando a extensão for maior que 100 cm é classificada como trinca transversal longa, sendo um defeito funcional e estrutural que causa irregularidade devido aos grandes trincamentos, além de enfraquecer o revestimento do pavimento.

Figura 11: Trinca transversal curta KM 40 lado direito



Fonte: Autora (2019).

Figura 12: Trinca transversal longa KM 38 lado esquerdo



Fonte: Autora (2019).

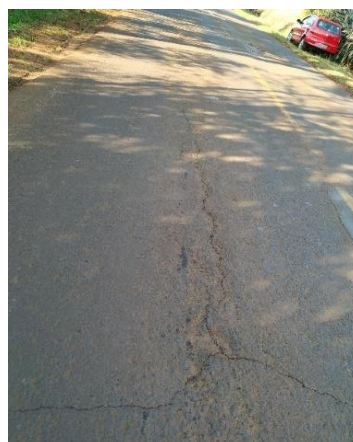
Por sua vez, as trincas longitudinais longas tratam-se de trincas isoladas em direção paralela ao eixo do pavimento, correspondendo a 14,02 % dos defeitos encontrados (Figura 13 e 14). Da mesma forma que a trinca transversal longa, ela possui comprimento maior que 100 cm, e também é considerada um defeito funcional e estrutural, causado principalmente pela má execução da junta longitudinal de separação entre as duas faixas de tráfego.

Figura 13: Trinca longitudinal longa KM 39 lado esquerdo



Fonte: Autora (2019).

Figura 14: Trinca longitudinal longa KM 37 lado esquerdo



Fonte: Autora (2019).

Por fim, os remendos, que apesar de possuírem o objetivo de corrigir defeitos de maior gravidade, ainda assim não considerados patologias por apontarem os locais de fragilidade do pavimento (Figura 15 e 16). No trecho analisado os remendos corresponderam a 13,23 % do total das manifestações patológicas encontradas.

Figura 15: Remendo KM 41 lado direito



Fonte: Autora (2019).

Figura 16: Remendo KM 39 lado direito



Fonte: Autora (2019).

4.2 Determinação do Índice de Gravidade Global

Com o intuito de classificar o pavimento flexível estudado, após o inventário preenchido (Figura 17), seguiu-se para a utilização do formulário de cálculo do Índice de Gravidade Global de cada trecho, contido na norma DNIT 006/2003 – PRO.

Figura 17: Inventário do estado da superfície – KM 41 ao KM 36

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (DNIT 006/2003-PRO)																								
RODOVIA: PR 473										OPERADORA: Gabriella										FOLHA: 1/1				
TRECHO: Quedas do Iguaçu - Espigão Alto do Iguaçu										REVESTIMENTO: CBUQ														
SUBTRECHO: KM 41 ao KM 36																								
Estaca ou KM	Lado (LD/LE)	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						FLECHAS		OBS.
		ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID										
		FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE	
								J	TB	JE	TBE													
		1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm	
41	LD		3	5	2	3			8		3		1			3	3	5		1	3	3,5		
41	LE	5	1			4			8		2				5	3	3			6	4	5		
40	LD		7	2		1			5		3						2	3	1	3	0	3		
40	LE		5	10		3			7		2							3		4	2	3		
39	LD	3	5	11	1	2			9		1	1					3	2		6	3	5		
39	LE		5	15	2	9			16									2		1	4	5		
38	LD	1	3	2	1	1			7											2	2	3		
38	LE	1	3	11	3	10			12											8	1	3,5		
37	LD			1	2	11			22						2					3	0	1		
37	LE	3	12	1	1	9			9						2					6	2	3		
NOTA:																								

Fonte: Autora (2019).

Com o inventário devidamente preenchido, pode-se calcular o IGG e obter o resultado de cada trecho, tanto do lado esquerdo quanto do lado direito. No exemplo da Figura 18, está representado o cálculo individual do IGG do KM 41 ao 40, lado esquerdo, onde obteve-se um IGG de 53,48 sendo conceituado segundo a norma como “REGULAR”, demonstrando que o pavimento precisa de manutenções nas patologias mais graves.

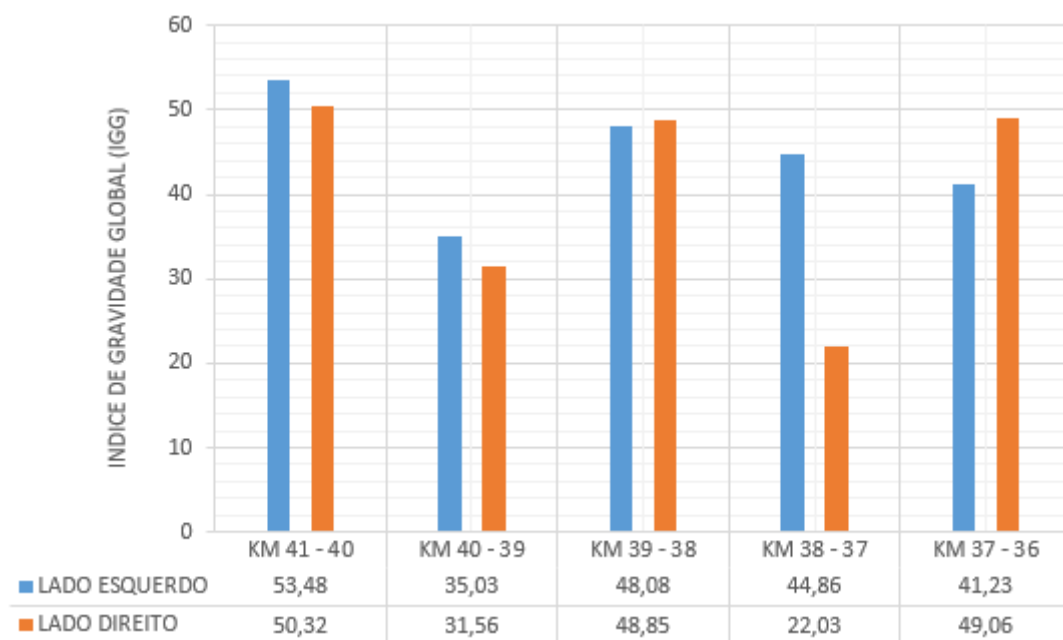
Figura 18: Índice de Gravidade Global - KM 41 ao KM 40 lado esquerdo

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) (DNIT 006/2003-PRO)						Data: 20/08/2019	Folha: 1/1
RODOVIA: PR 473			SUBTRECHO: KM 41 ao 40 LE			Estaca ou Quilômetro	
TRECHO: Quedas do Iguaçu - Espigão Alto do Iguaçu			REVESTIMENTO: CBUQ			41 - 40	
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	10	10	20	0,2	4	
2	(FC-2) J, TB	0	0	0	0,5	0	
3	(FC-3) JE, TBE	8	8	16	0,8	12,8	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	2		4	0,9	3,6	
5	O, P, E	8		16	1,0	16	
6	EX	3		6	0,5	3	
7	D	0		0	0,3	0	
8	R	6		12	0,6	7,2	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 5	TRI = 4	F = 4,5	1 A (X) 1 B ()	6	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 1,11	TRIV = 0,65	Fv = 0,88	2 A (X) 2 B ()	0,88	
Número total de estações:		n = 50	Σ IND. GRAVIDAD. IND = IGG			53,48	REGULAR
1 A) IGI = F X 4/3 quando F ≤ 30			2 A) IGI = FV quando FV ≤ 50				
1 B) IGI = 40 quando F > 30			2 B) IGI = 50 quando FV > 50				

Fonte: Autora (2019).

Realizando o mesmo processo demonstrado anteriormente na Figura 18, sendo eles a discriminação das patologias, a quantificação e os cálculos de frequência absoluta, relativa e médias, tanto das flechas internas e externas (TRI e TRE) quanto os cálculos de variâncias pode-se obter os demais Índices de Gravidade Global. A Figura 19 demonstra os resultados do IGG de cada quilômetro analisado separados por lado direito e lado esquerdo.

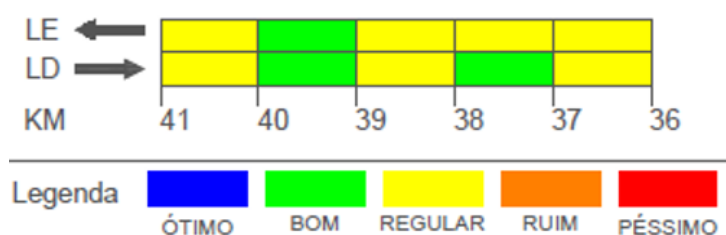
Figura 19: Resultados do IGG



Fonte: Autora (2019).

Analisando os cálculos e seus respectivos resultados, pode-se afirmar que o seguimento mais deteriorado no lado direito foi o KM 41 – 40, que resultou em um IGG de 50,32, conceituado como “REGULAR”. No lado esquerdo o seguimento mais deteriorado também foi o KM 41 – 40, com um IGG de 53,48 conceituado também como “REGULAR”. A Figura 20 demonstra de forma simplificada o conceito individual de cada segmento.

Figura 20: Croqui da conceituação de cada trecho



Fonte: Adaptado de DNIT 006/2003 – PRO.

Pode-se verificar que a maior parte da pista do lado esquerdo é conceituada como “REGULAR”, possuindo apenas um trecho classificado como “BOM”. Já do lado direito há dois trechos classificados como “BOM” e os três trechos demais como “REGULAR”. Logo, pode-se afirmar que cerca de 70% dos trechos analisados são conceituados como “REGULAR” e cerca de 30% como “BOM”, não havendo incidência dos demais conceitos. Portanto, por se tratar de um pavimento não restaurado recentemente, essa conceituação ainda é válida, visto que os pavimentos flexíveis possuem uma vida útil aproximada de 10 anos. Entretendo, para a melhoria desta classificação, haveria a necessidade de reparos principalmente nas patologias de maior gravidade e as de maior ocorrência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo, pode-se entender a importância da realização das técnicas de avaliação dos pavimentos para a identificação dos problemas e para a aplicação de uma manutenção correta, a fim de evitar gastos desnecessários ou até mesmo de retrabalhos, em caso de aplicações corretivas com técnicas ou materiais inadequados. O método utilizado, denominado de método objetivo de avaliação superficial de pavimentos, encontra-se no Procedimento 006/2003 do DNIT, sendo de fácil execução e fácil entendimento e fornece subsídios para uma rápida tomada de decisão para a definição da necessidade ou não de manutenções, além de ajudar no gerenciamento dos pavimentos.

Conforme os objetivos estipulados durante o estudo, a proposta de levantar as ocorrências patológicas, verificar a frequência de ocorrência e definir o conceito de degradação da via através do IGG pôde-se ser cumprida de forma satisfatória, baseando-se nos conhecimentos adquiridos através de embasamentos bibliográficos e de normas. O presente artigo teve como objetivo realizar o estudo e a conceituação do pavimento flexível localizado na região centro-oeste do Paraná denominado como PR 473, do KM 41 ao KM 36, trecho que interliga as cidades de Quedas do Iguaçu a Espigão Alto do Iguaçu. Neste trecho, foram encontrados 13 tipos de manifestações patológicas, elementos estes que geram desconforto e afetam a segurança de quem utiliza a rodovia.

Com pista simples e composto por CBUQ, através das análises realizadas na pista de rolamento e nos cálculos, obteve-se que o pavimento está classificado de forma geral como “REGULAR”, apresentando diversas ocorrências de trincas isoladas e interligadas. Com essa classificação, chega-se à conclusão de que o pavimento não necessita de recuperação total de

sua via, porém há a necessidade de reparo das patologias mais graves que são os casos das panelas e das mais ocorrentes que são os casos das trincas do tipo couro de jacaré que já se encontram em um estado bem avançado de fadiga, no qual desencadeará panelas no pavimento se não reparadas.

Sugere-se para trabalhos futuros realizar um levantamento de custos para o reparo dos danos mais graves da rodovia e também dos mais ocorrentes, salientando os materiais que serão utilizados. Além disso pode-se realizar um estudo semelhante ao apresentado neste artigo em outros segmentos críticos da PR 473.

REFERÊNCIAS

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

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro. PETROBRAS/ABEDA, 2008.

BETUSEAL. **Conheça as patologias do asfalto**. Disponível em: <<https://www.betuseal.com.br/conheca-patologias-asfalto/>> Acesso em: 24 mar. 2019.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/conheca-principais-defeitos-pavimento>> Acesso em: 28 mar. 2019.

_____. **Falta investir mais em rodovias e melhorar sistemas de gestão**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/falta-investir-mais-rodovias-melhorar-sistema-gestao>> Acesso em: 11 mar. 2019.

_____. **Pesquisa CNT de Rodovias indica que 57% dos trechos apresentam problemas**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/imprensa/Noticia/pesquisa-cnt-rodovias-2018-indica-57-trechos-apresentam-problemas>> Acesso em: 08 mar. 2019.

_____. **Somente 12,4% da malha rodoviária brasileira é pavimentada**. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/somente-12-da-malha-rodoviaria-brasileira-pavimentada>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

_____. **Transporte rodoviário**: Por que os pavimentos não duram? CNT: Brasília, 2017.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Conservação Rodoviária**. 2.ed. DNIT: Rio de Janeiro, 2005.

_____. IPR-719, **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

_____. IPR-720, **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

_____. DNIT 005/2003 - TER, **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**. DNIT: Rio de Janeiro, 2003.

_____. DNIT 006/2003 - PRO, **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. DNIT: Rio de Janeiro, 2003.

ENGEL, Gustavo Roberto. **Identificação dos índices de degradação precoce e projeção da vida útil do pavimento flexível recentemente executado em um seguimento da BR – 163 / PR**. 2015. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel.

FILHO, Glauco Pontes; FELEX, José Bernardes; RODRIGUES, John Kennedy G. Automatização do Cálculo do Índice de Gravidade Global (1995). *In: Reunião de Pavimentação Urbana*. 7.ed. São José dos Campos, 1996. Anais. São José dos Campos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 239-262.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

JORNAL DA GLOBO. **Maior parte das estradas brasileiras está em condições ruins ou péssimas**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2014/10/maior-parte-das-estradas-brasileiras-esta-em-condicoes-ruins-ou-pessimas.html>> . Acesso em: 07/10/2019.

MARCON, A. F. **Contribuições ao Desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina**. Tese (Doutorado) — Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 1996.

NA BOLÉIA. **Revista: Estudo CNT avalia condições das rodovias brasileiras**. Disponível em: <<http://naboleia.com.br/revista-estudo-cnt-avalia-condicoes-das-rodovias-brasileiras/>> Acesso em: 07 mar. 2019.

PAÉS, E. M. A. **Índice de Condição do Pavimento (IPC) para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. 2015 (Curso de Especialização: Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo, São Paulo – SP.

SANTANA, H. **Manual de pré-misturado a frio**. Rio de Janeiro: IBP, 1992.

SENÇO, Wlastermiller. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2.ed. São Paulo: PINI, 2007.

TAVARES C. J. & CARPENEDO W. R. **Levantamento de patologias em pavimentos flexíveis na zct-1 da cidade de Cascavel – PR**. 2015. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel.

TERRA. **Brasil tem apenas 13% das estradas pavimentadas.** Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/brasil/estradas/brasil-tem-apenas-13-das-estradas-pavimentadas,7474a9670cb9f1e0180774a18f84b1ca5dzs3j5k.html>> Acesso em: 07 mar. 2019.