

ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DO PCI (PAVIMENT CONDITIONS INDEX) E IGG (ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL) EM TRECHOS DE VIA URBANA EM RONDONÓPOLIS-MT

HENRIQUE LOPES DE JESUS

RESUMO: O pavimento asfáltico tende a apresentar deteriorações ao longo de sua vida útil, principalmente devido ao tráfego e às condições climáticas, o que pode comprometer a segurança e o conforto dos usuários. Para avaliar as condições funcionais do pavimento da Avenida Sete Copas, localizada no bairro Coophalis, em Rondonópolis, Mato Grosso, foram utilizados os métodos Índice de Gravidade Global (IGG) e Pavement Condition Index (PCI). Além de avaliar a avenida, o trabalho também buscou comparar os dois métodos para determinar qual representa melhor a condição real do pavimento. A coleta de dados foi realizada manualmente e consolidada em planilhas. Os resultados mostraram que a avenida apresentou uma avaliação "boa" no PCI e "regular" no IGG. O método IGG foi mais eficaz em apresentar as reais condições das ruas. Portanto, ambos os métodos são válidos para avaliação de pavimentos, mas o IGG é mais recomendado para análises rápidas e de grandes extensões devido à sua simplicidade e facilidade de aplicação, enquanto o PCI é mais indicado para avaliações detalhadas de pequenos trechos.

Palavras chaves: Pavimento, Método, Pavement condition index, índice de gravidade global.

Comparative Analysis of the PCI (Pavement Condition Index) and GSI (Global Severity Index) Methods in Urban Road Sections in Rondonópolis-MT

ABSTRACT: Asphalt pavement tends to deteriorate over its lifespan, mainly due to traffic and weather conditions, which can compromise the safety and comfort of users. To assess the functional conditions of the pavement on Avenida Sete Copas, located in the Coophalis neighborhood, in Rondonópolis, Mato Grosso, the Global Severity Index (IGG) and Pavement Condition Index (PCI) methods were used. In addition to evaluating the avenue, the study also aimed to compare the two methods to determine which one best represents the actual condition of the pavement. Data collection was performed manually and consolidated in spreadsheets. The results showed that the avenue received a "good" rating on the PCI and a "fair" rating on the IGG. The IGG method was more effective in presenting the real conditions of the streets. Therefore, both methods are valid for pavement evaluation, but the IGG is more recommended for quick assessments and large extensions due to its simplicity and ease of application, while the PCI is more suitable for detailed evaluations of small sections.

Keywords: Pavement, Method, Pavement condition index, Global severity index.

1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura rodoviária desempenha um papel essencial no desenvolvimento socioeconômico e na mobilidade urbana, sendo fundamental para a conectividade entre comunidades e o transporte de mercadorias (Costa, 2008). Em cidades como Rondonópolis, localizada estrategicamente no centro do Brasil, a rede viária é vital para o funcionamento eficiente das economias local e regional. Contudo, a manutenção dos pavimentos flexíveis representa um desafio crescente, pois a deterioração de suas estruturas, evidenciada por defeitos como trincas, buracos, afundamentos e desgaste excessivo, compromete a segurança dos usuários, eleva os custos de reparo e prejudica a eficiência do sistema de transporte (DNIT, 2003).

A necessidade de entender a natureza e as causas desses defeitos é imperativa para criar estratégias de preservação que assegurem a longevidade e o desempenho das rodovias de Rondonópolis. Esta cidade, situada em uma rota de intenso tráfego de veículos de carga, enfrenta desafios específicos quanto à conservação de suas vias urbanas. Dentro desse contexto, a pesquisa visa preencher uma lacuna no conhecimento ao analisar as condições dos pavimentos urbanos, utilizando métodos de avaliação reconhecidos, como o Pavement Condition Index (PCI) e o Índice de Gravidade Global (IGG), ambos amplamente aplicados para mensurar o estado dos pavimentos.

A escolha do método de avaliação mais adequado afeta diretamente a eficácia das intervenções de manutenção e a otimização dos recursos públicos. A presente investigação, ao comparar os métodos PCI e IGG, busca determinar qual dos dois é mais eficaz e aplicável à realidade de Rondonópolis, fornecendo subsídios para uma gestão mais eficiente das vias urbanas. A hipótese central é que esses métodos apresentam diferenças significativas em termos de precisão e aplicabilidade para as condições locais, sendo um deles potencialmente mais vantajoso. Os resultados dessa análise são fundamentais para apoiar decisões informadas, contribuindo para a melhoria da infraestrutura viária, a segurança e a qualidade de vida da população local.

Este estudo, ao oferecer uma análise comparativa entre PCI e IGG, espera auxiliar as autoridades municipais na escolha de um método de avaliação adequado, proporcionando dados detalhados que possam orientar políticas de manutenção mais eficazes e sustentáveis para as vias urbanas de Rondonópolis.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Conforme o DNIT (2006), os pavimentos são classificados em três tipos diferentes, com base no comportamento mecânico de suas estruturas: flexíveis, semirrígidos e rígidos.

De acordo com Bernucci (2008), os pavimentos flexíveis, geralmente relacionados aos pavimentos asfálticos, são formados por uma camada superficial asfáltica (revestimento), que se apoia sobre camadas de base, sub-base e reforço do subleito. Essas camadas são feitas de materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem a adição de agentes cimentantes.

No pavimento flexível, as camadas sofrem deformação plástica e elástica devido à carga aplicada, de forma que a carga é distribuída semelhantemente entre as camadas. Por exemplo: um pavimento constituído por uma base de brita ou uma base de pedra e terra, coberto por uma camada asfáltica (DNIT, 2006)

2.1. Método de avaliação de pavimento

Segundo Boyu et al., (2019), os pavimentos continuam a deteriorar-se devido ao carregamento dos veículos e às condições meteorológicas, exigindo avaliações frequentes para estimar a sua condição atual. Os dados sobre as condições do pavimento podem ser obtidos através de avaliações subjetivas e objetivas. Na avaliação subjetiva, uma equipe de técnicos (ou usuários) treinados avalia as irregularidades longitudinais e o conforto do pavimento em uma escala apropriada. A avaliação objetiva de pavimentos visa identificar defeitos superficiais, descrevendo seu tipo, gravidade e densidade.

A avaliação do pavimento é, portanto, uma das etapas mais importantes, pois é o ponto de partida para futuras decisões sobre o sistema. Tais atividades ajudam a definir as condições funcionais, estruturais e operacionais dos pavimentos que fazem parte da rede rodoviária num determinado momento, através da captura de dados essenciais que são fornecidos regularmente ao SGP (Sistema de gerenciamento de pavimento) (DNIT, 2011).

2.2. Defeitos em pavimentos flexíveis:

O método PCI foi criado inicialmente para administrar pavimentos aeroportuários, através de estudos conduzidos por Shahin do Construction Engineering Research Laboratory (CERL), e publicado em 1979 pelo United States Army Corps of Engineers (USACE)

Tempos depois, foi adaptado para ruas com pavimentos flexíveis e rígidos, através de estudos, pesquisas e experiências realizadas pelos engenheiros especialistas da USACE.

De acordo com Segre (2019), danos a pavimentos flexíveis são um problema da superfície de suporte de carga e são causados por problemas de construção, comportamento ambiental e o comportamento causado pelo tráfego. Esses problemas afetam as capacidades funcionais e estruturais do pavimento, afetando o bem-estar, a segurança e a mobilidade dos usuários. Assim sendo, seguindo esse raciocínio, a norma DNIT 005/2003-TER define que um problema de pavimento é o dano ou deterioração da superfície da estrada que pode ser detectado a olho nu e classificado de acordo com a norma.

Em concordância com Segre (2019) a norma DNER-PRO 164/94 estipula que perturbação ao longo da rodovia refere-se a defeitos no pavimento da rodovia que afetam o tráfego de veículos, principalmente a massa rolante, que é uma grandeza física medida direta ou indiretamente no pavimento da rodovia e está relacionada à condução do veículo. custos operacionais, segurança, conforto e rapidez. O tratamento associado aos serviços de restauração tradicionais está associado à compreensão do tipo, gravidade e extensão de muitos problemas. Como exemplo, para reduzir a propagação de fissuras em camadas de recapeamento com base nas propriedades estruturais, uma camada de alívio de tensão pode ser usada.

Por outro lado, para Bartholomeu et al., (2008), as deficiências rodoviárias não só têm um impacto negativo na economia, mas também criam um processo "anti-economia", uma vez que a poupança em serviços de manutenção de qualidade no devido tempo leva a aumentos, ou seja, o custo de futuras obras de reconstrução e custos adicionais para os utentes da estrada.

Os defeitos na rodovia podem ter vários motivos, porém, erros de projeto e execução contribuem para o surgimento de defeitos que irão prejudicar a rodovia. No Brasil, as rodovias são feitas de pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos. Estes possuem inúmeros problemas, os quais serão mostrados na tabela

Figura 1- Trinca transversal



Fonte: DNIT,2005

Trinca isolada com orientação predominantemente ortogonal ao eixo da via. A trinca transversal curta é denominada de trinca transversal longa e a longa é denominada de trinca transversal (DNIT, 2005).

Dentre outros fatores que podem causar as trincas transversais, estão a alta variação de temperatura, o envelhecimento do asfalto e a propagação de trincas nas camadas inferiores, principalmente em bases cimentadas ou juntas de revestimento rígido (DNIT, 2005).

Figura 2 - Trincas longitudinal



Fonte: DNIT,2005

Figura 3 - Trincas longitudinal



Fonte: DNIT,2003

São trincas isoladas que se encontram paralelas ao eixo da estrada. A trinca longitudinal curta é conhecida como trinca longitudinal longa e a longa é conhecida como trinca longitudinal (DNIT, 2005)

O DNIT (2005) mostra que os fatores que causam esses problemas não estão apenas ligados às tensões geradas pelos veículos, mas também à infiltração de água no revestimento.

Figura 4 - Trinca de bordo



Fonte: DNIT,2005

De acordo com DNIT (2005), é um defeito isolado caracterizado por uma trinca longitudinal ou por uma área trincada acompanhada por desintegração ou erosão ao longo da borda da pista ou no acostamento. Na maioria dos casos, a trinca de bordo é separada de, no máximo, 60 cm da margem do pavimento ou da área divisória em que o pavimento foi alargado.

As principais razões estão diretamente ligadas à construção defeituosa na junção da pista com o acostamento, à diferença de rigidez entre os materiais utilizados no acostamento, ao alargamento do pavimento existente, à falta de compactação e à falta ou insuficiência de drenagem (DNIT, 2005).

Figura 5 - Trinca por reflexão



Fonte: DNIT,2005

De acordo com o DNIT (2006), as trincas por reflexão ocorrem quando há trincas nas camadas inferiores que se espalham em direção ao revestimento. O padrão do defeito nas camadas inferiores permanece em sua reflexão na superfície, podendo se manifestar em forma de trinca longitudinal.

Trincas por reflexão prejudicam a integridade estrutural do pavimento, permitindo a entrada de água e outros resíduos, o que acelera o processo de deterioração. É necessário realizar intervenções mais frequentes, como a selagem de fraturas, a fim de evitar o agravamento do problema. As trincas podem afetar a qualidade da condução, causando desconforto aos condutores e, em situações extremas, oferecendo perigos à segurança.

A ação do tráfego próximo a uma trinca existente é um fator determinante para o surgimento desse defeito. Dependendo das tensões aplicadas, a propagação de uma trinca por reflexão pode variar entre 20 mm e 50 mm por ano, o que significa uma redução significativa da vida do revestimento (DNIT, 2005)

Figura 6 - Trinca em blocos



Fonte: DNIT,2005

De acordo com o DNIT (2005), a trinca em blocos é um problema que se apresenta em blocos compostos, compostos por várias trincas interligadas e com lados retangulares, podendo causar erosões graves nas extremidades.

Trincas em blocos podem permitir a infiltração de água, o que pode prejudicar tanto a base quanto a sub-base do pavimento, o que pode agravar o problema. As trincas em blocos afetam a capacidade do pavimento de suportar cargas, resultando em maior desgaste e demandando reparos frequentes. As trincas podem causar desconforto aos condutores e representar um perigo de segurança, especialmente para veículos de duas rodas.

A principal causa desses problemas é a alta variação de temperatura e a conexão entre trincas longitudinais e transversais. A presença desse defeito demonstra que o ligante asfáltico não manteve sua característica elástica (DNIT, 2005)

Figura 7 - Trinca couro de jacaré



Fonte: DNIT,2005

Figura 8 - Trinca couro de jacaré



Fonte: DNIT,2003

É um problema que surge no pavimento através de trincas interligadas, sem apresentar direções claras. O formato é bastante parecido com um couro de jacaré ou crocodilo. Dependendo da severidade, haverá erosão nas extremidades (DNIT, 2005).

Esses problemas aparecem no pavimento devido à fadiga do revestimento asfáltico, causada por carregamentos constantes. Embora seja um defeito que pode ser causado em qualquer lugar do revestimento, geralmente ocorre em áreas com maior pressão (DNIT, 2006).

Figura 9 - Afundamento de trilha de roda



Fonte: DNIT,2005

Figura 10 - Afundamento de trilho de roda



Fonte: Bernucci et al. 2008

Segundo DNIT (2005), o afundamento de trilha de roda pode ser de dois tipos: afundamento por consolidação, que pode ser um abatimento na trilha de roda, menos perceptível do que o afundamento plástico.

Os principais motivos para esse problema são a compactação insuficiente de algumas camadas do pavimento, a mistura asfáltica inadequada e o enfraquecimento de uma ou mais camadas por conta da infiltração de água. O outro tipo, denominado

afundamento plástico, é um afundamento que apresenta uma depressão na trilha (DNIT, 2005).

Figura 11 – Corrugação



Fonte: DNIT,2005

A deformação é caracterizada por ondulações ou corrugamentos transversais na superfície do pavimento DNIT (2005)

Para o DNIT (2005), as principais causas desse problema são a instabilidade da mistura betuminosa, a instabilidade da base, o excesso de umidade nas camadas inferiores, a contaminação e a retenção de água na mistura asfáltica.

Figura 12 - Desgaste



Fonte: DNIT,2005

O efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento é caracterizado pela rugosidade superficial do revestimento e é causado por forças tangenciais induzidas pelo tráfego (DNIT, 2005).

O desgaste ocorre devido, entre outros motivos, à diminuição da aderência e perda de aderência entre agregado e ligante, trabalhos realizados em condições climáticas inadequadas, presença de água no interior do revestimento e falha no tratamento asfáltico. A cola em serviço (DNIT, 2005).

Figura 13 - Exsudação



Fonte: DNIT,2005

É um defeito no qual uma película fina ou película de material asfáltico se expande na superfície do pavimento, resultante do deslocamento do ligante através do revestimento, formando manchas de tamanhos variados (DNIT, 2005).

Este movimento do ligante pode ser causado por dosagem insuficiente da mistura asfáltica e temperatura do ligante asfáltico superior à especificada. Não há um local específico onde esse defeito ocorre, porém, exsudatos continuam aparecendo nas marcas das rodas (DNIT, 2005).

Figura 14 - Buraco ou Panela



Fonte: DNIT,2005

De acordo com DNIT (2005) este é um problema que ocorre inicialmente nas sobreposições de pavimentos, que podem sofrer alterações de tamanho e permitir a entrada de água na camada subjacente. A causa dos furos pode ser os estágios finais de fissuração por fadiga e desintegração da fixação à superfície do pavimento, ou seja, com o passar do tempo as fissuras se interligam formando pequenas placas não coladas e com bordas erodidas.

Figura 15 - Remendo



Fonte: DNIT,2005

Segundo o DNIT (2005), trata-se da correção de desníveis locais do pavimento, com o objetivo de compensar possíveis infrações. Devido a áreas defeituosas, deve ser substituído por material retangular igual ou equivalente. Dependendo da profundidade atingida pelas placas, elas podem ser divididas em placas superficiais e placas profundas. No primeiro caso trata-se apenas de reparar a cobertura, no segundo caso, de substituir a cobertura e possivelmente uma ou mais camadas de cobertura subterrânea.

Figura 16 - Desnível entre a pista e acostamento



Fonte: DNIT,2005

De acordo com DNIT (2005) é um defeito fácil de ser verificada, porque apresenta um desnível entre pista e acostamento, que aumenta na medida em que se alteram as condições do acostamento. As principais causas são o recalque do acostamento, perda de finos do acostamento, erros na execução e, também, problemas na execução de recapeamentos.

Figura 17 - Bombeamento



Fonte: DNIT,2005

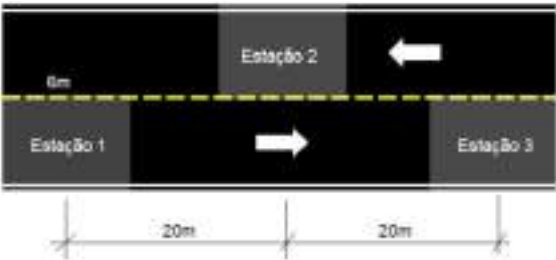
Segundo o DNIT (2005), localiza-se próximo a fissuras ou juntas de construção e tem como principal característica a liberação de água e partículas finas nas fissuras quando a estrada é carregada. Devido aos vazios sob o revestimento e à carga causada pelos veículos, essa falha torna-se perceptível quando se formam manchas no revestimento ou se acumula material fino próximo às fissuras.

2.3. Índice de gravidade global (igg)

O Índice de Gravidade Global (IGG) é um método empregada para avaliar com precisão as superfícies de revestimentos flexíveis e semirrígidos. Esse índice está descrito na norma DNIT 006/2003-PRO, que estabelece as definições, critérios e equipamentos necessários para a execução dessa avaliação. O procedimento leva em conta os elementos de avaliação de cada defeito identificado na superfície do pavimento, com o objetivo de obter um valor numérico que reflita as condições observadas na superfície de rolamento.

Para estradas com pista única, as estações de análise são posicionadas a cada 20 metros, alternando com o eixo da via. A área de estudo é delimitada por um trecho de 3 metros antes e 3 metros depois da estaca, além de um eixo que divide as estradas, como mostra a Figura 18. A classificação e codificação de fissuras de acordo com a norma DNIT 005/2003-TER são usadas para mapear os defeitos de revestimento.

Figura 18 - Localização da superfície de avaliação



Fonte: Leandro (2019)

Tabela 1- Codificação e classificação das fendas

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				R	1	2	3
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curta	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longa	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curta	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longa	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacarê"	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 dessecagem da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TR	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

Fonte: DNIT (2003)

Tabela 2 - Codificação e classificações dos demais defeitos

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escoregamento (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 (2003)

A frequência absoluta (f_a) é definida como o número de vezes que uma ocorrência foi registrada. A frequência relativa (f_r) é calculada utilizando a seguinte fórmula:

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

sendo:

f_r – frequência relativa;

f_a – frequência absoluta;

n – número de estações inventariadas.

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

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

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

Para o cálculo da média e da variância das flechas nas Trilhas de Rodas Internas (TRI) e Trilhas de Rodas Externas (TRE), utilizam-se as seguintes fórmulas definidas pelo DNIT (2003):

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

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

onde:

$\bar{x}$ - Média aritmética dos valores das flechas medidas;

x_i - Valores individuais;

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

s^2 - Variância;

n - Número de estações inventariadas.

Para o cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI), utilizam-se os fatores de ponderação presentes na Tabela 3, conforme as ocorrências verificadas no pavimento, por meio da seguinte equação:

$$IGI = f_r \times f_p$$

onde:

IGI - Índice de Gravidade Individual;

f_r - frequência relativa;

f_p - frequência de ponderação.

Tabela 3 - Valores do fator de ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia" (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação f_p
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 (f_r) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT (2003)

Para flechas, o fator de ponderação a ser utilizado depende do valor das médias aritméticas, conforme as seguintes observações:

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

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

$$IGG = \sum IGI$$

Com o valor obtido de IGG, define-se o conceito de degradação do pavimento utilizando a Tabela:

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

Conceitos	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 (2003)

2.4. Pavement condition index (pci)

Segundo APS et al. (1998), o Índice de Condição do Pavimento (PCI), também conhecido como Índice de Condição do Pavimento (ICP), foi criado a partir de um estudo realizado por Shain no Construction Engineering Research Laboratory (CERL) e publicado em julho de 1979 pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE). Inicialmente, o método foi desenvolvido para gerenciar os pavimentos de aeroportos. No entanto, ao perceberem sua eficácia, ele foi adaptado para avaliar pavimentos asfálticos e de concreto em vias urbanas. O objetivo do método é produzir um índice numérico que represente a condição da superfície do pavimento, levando em consideração os tipos de defeitos identificados, conforme ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Defeitos de pavimentos asfálticos e critério de medição

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

Fonte: APS et al. (1998)

Os defeitos são coletados dentro de segmentos de aproximadamente 225 m² de área, onde são identificados e registrados os tipos, extensão, quantidade e severidade de cada defeito. Esses dados são então registrados em uma planilha de inspeção de campo. Posteriormente, calcula-se o Valor de Dedução Corrigido utilizando uma planilha de cálculo e a seguinte equação:

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

Onde:

Tj = tipos de defeitos;

Si = níveis de severidade;

Dij = densidades;

i = contador dos tipos de defeitos;

j = contador dos níveis de severidade;

p = número total de tipos de defeitos;

mi = número do nível de severidade para o i -ésimo tipo de defeito;

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

Obtém-se os valores de dedução para cada defeito em função do tipo, severidade e extensão do defeito, o que representa a influência que o mesmo expressa sobre a condição do pavimento, podendo variar de 0 (não prejudicial) a 100 (muito prejudicial).

Por fim é calculado o PCI, que é por essa fórmula:

$$PCI = 100 - VDC$$

Em função do obtido para o PCI de cada Trecho o pavimento é classificado da seguinte conforme a tabela 3.

Tabela 6 - Classificação do pavimento de acordo com o resultado do PCI

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

Fonte: APS et al. (1998)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada manualmente na avenida designada para o estudo, utilizando materiais como fita métrica de 20 metros, trena de 5 metros, giz branco, papel e caneta para demarcar as áreas de análise e fazer as anotações necessárias.

3.1. Classificação de pesquisa

De acordo com FACHIN (2003) a pesquisa pode ser dividida em qualitativa e quantitativa. A primeira se caracteriza pela interpretação de fenômenos que dispensa métodos e técnicos estatísticas como estudo descritivo. A segunda é utilizada principalmente para gerar medidas precisos e confiáveis que permitem análises estatísticas para traduzir os fenômenos em estudo.

O objeto de estudo é, portanto, de natureza qualitativa, pois os métodos PCI e IGG utilizados interpreta os defeitos rodoviários de acordo com suas características, analisa sua interação com as causas e possíveis reparos, a fim de traçar a melhor solução para o problema encontrado. e de natureza quantitativa, pois o censo de trânsito realizado fornece dados numéricos para o desenvolvimento da obra, e o método PCI utiliza formulários para a quantificação dos defeitos do pavimento.

3.2. Local de estudo

A avenida Sete Copas foi escolhida para ser avaliada, e está localizada no bairro Coophalis na cidade de Rondonópolis. O município se localiza na região centro-oeste no estado do Mato Grosso. São 244.897 habitantes no município e uma frota de 207.468 veículos cadastrados (estimativa IBGE,2022).

A avenida em estudo tem uma grande importância a cidade pois faz a ligação da avenida Lions até próximo à avenida dos estudantes que são duas vias muito importante a cidade de Rondonópolis. Sua extensão e de aproximadamente 700 metros, avenida de fluxo simples com largura de 3,5 m cada lado e 2 m de acostamento, como mostrado na figura abaixo:

Figura 19 - Mapa da av. Sete Copas



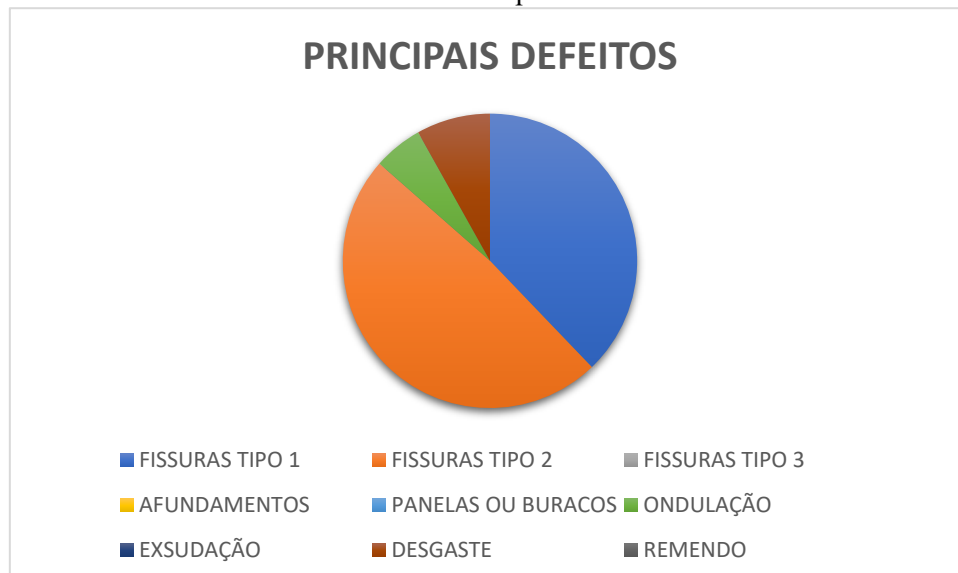
Fonte: Google maps (2024)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Principais patologias encontradas

Ao realizar a coleta de dados na Avenida Sete Copas Tanto no método PCI quanto no IGG observou que as principais patologias encontradas foram trincas horizontais e longitudinais como mostrados nas no gráfico abaixo.

Gráfico 1- Principais defeitos



Fonte: autor, 2024

Figura 20- Defeito Avenida sete copa



Fonte: Autor,2024

Figura 21- Defeitos Avenida Sete Copas



Fonte: Autor, 2024

Figura 22- Defeitos Avenida Sete Copas



Fonte: Autor, 2024

4.2. Método igg

A análise das condições do pavimento da Avenida Sete Copas feita usando o método IGG (Índice de Gravidade Global), com o objetivo de analisar a situação atual do pavimento e determinar as áreas que necessitam de manutenção. A tabela a seguir apresenta os defeitos identificados, suas frequências absolutas e relativas, fatores de ponderação e índices de gravidade individuais.

Tabela 7 - Cálculo do IGG

AVENIDA SETE COPAS					
ITEM	DEFEITOS	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL
1	Trincas isoladas F ₁ , TTC, TTL, TLO, TLL	14	41,75	0,2	8,75
2	(PC-S) J, TBE	18	56,25	0,5	28,125
3	(PC-S) JE, TBE	1	3	0,1	0,3
4	ALP, ATP, ALG, ATC	1	3	0,3	0,9
5	Q, P, E	2	6,25	1	6,25
6	EX	1	3	0,3	0,9
7	D	3	9,375	0,3	2,8125
8	R	1	3	0,6	1,8
9	Média aritmética dos valores medidos das fôrças medidas em mm nos TR1 e TR2	TRR = 1	F = 1	1 A (0)	1
				1 B (1)	
10	Média aritmética dos valores das fôrças medidas em mm nos TR1 e TR2	TRR = 0	FV = 1	2 A (3)	1
				2 B (1)	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 32	IGG		45,94

Fonte: O autor (2024)

Como mostrado na tabela acima os defeitos com maior presença são tricas do tipo 1 presente em todas as estações (lembrado que se na mesma estação tiver tricas de tipo 1 e tipo 2 para o cálculo considera apenas e de tipo 2), há presença de desgaste em 3 estações como mostrado acima, e ondulações em 2 estações.

O IGG de 45,94 sugere uma condição de pavimento que requer atenção. Embora não esteja em estado crítico, a necessidade de manutenção preventiva é evidente, especialmente nas áreas com trincas e juntas de trinca e bordas, para evitar a progressão dos defeitos e melhorar a durabilidade do pavimento. A presença de oxidação e desagregação indica que o pavimento está começando a mostrar sinais de desgaste que, se não forem tratados, podem se agravar.

4.3. Método pci

Na Seção 1, o PCI calculado foi de 72,00, o que classifica essa seção como "Muito Bom". A Seção 2 apresentou um PCI de 77,00, também sendo classificada como "Muito Bom". Já a Seção 3, com um PCI de 77,5, igualmente recebeu a classificação de "Muito Bom". Apesar das altas classificações individuais das seções, a média do PCI da Rua Sete Copas como um todo resultou em um valor de 67, o que indica que, embora as seções analisadas estejam em ótimas condições, ao analisar a via como um todo reduz o valor de PCI, isso se dá por conta do cálculo de média das densidades dos defeitos.

Tabela 8 - Calculo PCI

RUA SETE COPAS			
SEÇÃO	1	2	3
PCI DA SEÇÃO	72,00	77,00	77,5
CLASSIFICAÇÃO	MUITO BOM	MUITO BOM	MUITO BOM
PCI DA RUA	67		

Fonte: autor (2024)

Esses defeitos foram analisados em termos de sua severidade e área de abrangência, o que permitiu uma avaliação detalhada e precisa das condições do pavimento. A soma das deduções para os defeitos identificados resultou em um valor total deduzido de 71. Após a aplicação das correções apropriadas, o valor deduzido corrigido

foi de 33, usando a formula de PCI temos o valor de 67 que indica uma via em bom estado e conservação.

4.3. Comparação entre métodos

Ao examinar os resultados obtidos, nota-se discrepâncias nas classificações do pavimento asfáltico da Rua Sete Copas ao comparar as conclusões obtidas pelos métodos IGG e PCI.

Para a Rua Sete Copas, o IGG indicou um índice de gravidade global de 45,94, o que indica uma condição intermediária que necessita de atenção. Os principais problemas identificados foram trincas isoladas, trincas em formato de couro de crocodilo e desgaste. As trincas isoladas e as trincas em formato de couro de crocodilo tiveram os maiores efeitos no índice IGG, o que indica uma necessidade de manutenção preventiva e corretiva para evitar a progressão dos defeitos e melhorar a durabilidade do pavimento.

Por outro lado, a utilização do método PCI resultou em um índice médio de 67 para a Rua Sete Copas, indicando uma qualidade boa. Cada seção da via apresentou um PCI superior a 70, sendo que a Seção 1 obteve um PCI de 72,00, a Seção 2 um PCI de 77,00 e a Seção 3 um PCI de 77,5, todas classificadas como "Muito Boa". O método PCI apontou a presença de pele de crocodilo, trincas longitudinais, trincas transversais e desgaste, sendo as trincas longitudinais o defeito mais relevante em termos de extensão e densidade.

Essa diferença nos resultados pode ser explicada pelo modo como os dados são coletados em cada técnica. O método IGG considera o tipo e a frequência dos defeitos, fornecendo uma visão mais aprofundada e ponderada das falhas e permitindo uma análise mais aprofundada das áreas problemáticas. Já o método PCI considera o grau de severidade dos defeitos e a área de abrangência dos mesmos, resultando em uma classificação que pode suavizar a percepção de defeitos discretos, mas severos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito principal deste estudo foi avaliar a eficiência e comparar os métodos IGG (Índice de Gravidade Global) e PCI (Pavement Condition Index) na

avaliação das condições dos pavimentos urbanos em Rondonópolis-MT, através de um estudo de caso na Rua Sete Copas. As avaliações realizadas usando ambos os métodos forneceram dados relevantes sobre o estado dos pavimentos e ajudaram a escolher o método mais adequado para as necessidades específicas da cidade.

Os resultados mostraram uma diferença significativa entre as classificações obtidas pelos dois métodos. O método IGG indicou uma condição intermediária do pavimento, com um índice de gravidade global de 45,94, destacando defeitos como trincas isoladas e juntas de trinca, além dos principais problemas. Essa abordagem possibilitou uma análise minuciosa das áreas que necessitam de intervenções, sugerindo a necessidade de manutenções preventivas e corretivas para evitar a deterioração adicional e aprimorar a durabilidade do pavimento.

Por outro lado, o método PCI resultou em uma avaliação de "Bom" para a Rua Sete Copas, com um índice médio de 67. As seções específicas apresentaram valores ainda mais elevados, classificados como "Muito Bom". O método PCI destacou a existência de defeitos como trincas longitudinais, trincas transversais e desgaste, mas sua abordagem mais aprofundada, que requer a classificação de cada patologia em termos de severidade e extensão, resultou em um processo mais longo.

Levando em conta a segurança e o conforto dos usuários, chegou-se à conclusão de que o método IGG apresentou de maneira mais realista as condições do pavimento da Avenida Sete Copas. O método IGG permitiu melhor representar a classificação do pavimento, mostrando defeitos que interferem diretamente na qualidade e segurança das vias. Por outro lado, o método PCI, com sua eficácia e padronização, é vantajoso para avaliar pequenos trechos, uma vez que oferece resultados mais precisos.

REFERÊNCIAS

COSTA, M. da S. Um índice de mobilidade urbana sustentável. **Escola de Engenharia de São Carlos-USP. São Carlos**, 2008.

Departamento nacional de infraestrutura de transportes. NORMA DNIT 005/2003: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro, 2003

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de pavimentação, Publicação IPR-720. Rio de Janeiro 2006.

DNIT, Manual de restauração de pavimentos asfálticos, Publicação IPR720. Rio de Janeiro 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de conservação rodoviária. Rio de Janeiro, 2005.

SEGRE, S.P. Pavimentos flexíveis: análise dos defeitos em função da sua origem e suas consequências na vida útil. Unicamp, Campinas 2019.

DNIT 005/2003 – TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos. Terminologia. 2003

DNER-PRO 164/94. Calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimentos. USP, São Paulo 1994.

BARTHOLOMEU, D.B.; FILHO, J.V.C. Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso. Piracicaba, São Paulo 2008.

BOYU, Z.; TOMONORI N.; Kai X. Road profile estimation, and its numerical and experimental validation, by smartphone measurement of the dynamic responses of an ordinary vehicle. Journal of Sound, 2019.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Gerência de Pavimentos. Publicação Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR 745, 2011.

FACHIN, Odilia. Fundamentos de metodologia. Editora Saraiva, 4. ed. São Paulo, 2003.

USACE. Pavement Maintenance Management. Technical Manual – TM 5-623. Washington: USACE, United State Army Corps of Engineers, Headquarters, Department of the Army, 1982.

SHRP (1993). Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Studies. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science, Washington, D.C.

APS, M.; BALBO, J. T.; SEVERI, A. A. Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método do PCI. In: ABPV. REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO. São Paulo, 1998.

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

ASTM (2018) D6433 – 18. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. American Society for Testing and Materials. 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States

Lago, L. P. D. R. (2021). **Análise de defeitos em pavimentos flexíveis da cidade de João Pessoa por meio de imagens coletadas pelo Google Earth**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.