

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO PAVIMENTO EM VIA URBANA NA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB – COMPARAÇÃO ENTRE ÍNDICES

Antonio Dias de Lima Terceiro Neto
Maísa Beatriz Marinho Fausto da Silva
Regiane Aparecida de Souza e Silva
Vinícius Bruno de Oliveira Araújo
Ricardo Almeida de Melo

Universidade Federal da Paraíba
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental

RESUMO

O Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) engloba ações nas etapas de planejamento, projeto, construção e manutenção dos pavimentos. Sendo a condição do pavimento o ponto de partida para o SGP, o objetivo deste trabalho foi avaliar a condição de uma via urbana importante da cidade de João Pessoa-PB, a partir de avaliações subjetivas e objetivas. Foram utilizados o Índice de Gravidade Global, o *Pavement Condition Index*, o Valor de Serventia Atual e um Índice de Condição de Pavimentos Urbanos. O estudo também se propõe a comparar os resultados encontrados com os diferentes índices, tomando o VSA como referência, e definir possíveis estratégias de manutenção ou reabilitação. Dentre os índices, o *Pavement Condition Index* e o Índice de Condição de Pavimentos Urbanos foram os que mais se aproximaram do VSA, classificando a via como boa. Portanto, identificou-se a necessidade de se realizar apenas uma manutenção preventiva no trecho.

ABSTRACT

The Pavement Management System (PMS), it encompasses actions in the planning stages, design, construction and maintenance of pavements. Since the pavement condition is the starting point for the PMS, the objective of this work was to evaluate the condition of an urban road of great importance in the city of João Pessoa-PB, based on subjective and objective evaluations. It were used the Global Severity Index, the Pavement Condition Index, the Present Serviceability Rating and an Urban Pavement Condition Index. The study also proposes to compare the results found with the different indexes, taking the VSA as a reference, and to define possible strategies of maintenance or rehabilitation. Among the indices, the Pavement Condition Index and the Urban Pavement Condition Index were the closest to the VSA, classifying the road as good. Therefore, the preventive maintenance is enough to provide better condition for pavement.

1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura viária urbana é de suma importância para o desenvolvimento econômico local, devido a sua capacidade de escoar pessoas e cargas por meio dos transportes, além de aumentar a qualidade de vida da população e melhorar a mobilidade urbana, estando presente direta e indiretamente em todas as atividades diárias, logo, é preciso que a mesma se encontre em condições adequadas para atender as demandas do tráfego. De acordo com Migliaccio *et al.* (2014), a infraestrutura de transporte proporciona à sociedade os meios para satisfazer a demanda por produtos e recursos, possibilitando que as pessoas se aproximem e percamos menos tempo na locomoção.

João Pessoa, capital e principal centro econômico do Estado da Paraíba, dispõe de uma malha viária pavimentada de 570.970,38 m de extensão, segundo Albuquerque (2017). Sendo um dos principais componentes da infraestrutura da cidade, a rede viária constitui um valioso patrimônio para toda a população, necessitando de atividades de manutenção e restauração, para que seja bem preservada e cumpra com as suas atribuições.

No intuito de manter a qualidade, o conforto e a segurança do tráfego nas vias urbanas, pode-se utilizar um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU), que é formado por atividades de projeto, planejamento, construção, manutenção, reabilitação, avaliação e estudo das vias, visando o prolongamento da vida útil do pavimento com um menor custo aos cofres

públicos. Conforme colocam Swei *et al.* (2016), os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP) são ferramentas que permitem aos tomadores de decisão selecionar estratégias ótimas de reabilitação de pavimentos e alocar recursos de acordo com as suas condições. Para Soncim *et al.* (2014), o SGP melhora a eficiência das decisões tomadas e amplia suas possibilidades, além de facilitar a coordenação de atividades dentro de um órgão rodoviário.

Para que o SGP seja eficaz, é necessário que o órgão rodoviário disponha de informações sobre as condições atuais das vias, com isso, poderá tomar decisões adequadas de Manutenção e Reabilitação (M&R) para determinado trecho, estabelecendo prioridades de acordo com os recursos orçamentários disponíveis. Segundo Lima (2007), os recursos são um fator limitante para a realização das intervenções. Shah *et al.* (2012) ainda colocam que a manutenção de vias urbanas é um dos componentes mais importantes de todo o sistema rodoviário, mas os recursos disponíveis não são suficientes para atender às necessidades.

A ausência de um inventário de pavimentos e planejamento de manutenção de pavimentos é o principal problema detectado na gestão de rodovias de pequenas cidades na Itália, de acordo com Loprencipe *et al.* (2017). Essa situação leva a um mau planejamento de manutenção, que são executadas quando o nível de deterioração se torna crítico em alguns elementos da rede. Esta situação pode ser evitada com um SGP sustentável, flexível e suficiente para adaptar o método à situação atual e demandas futuras. Isso pode ser aplicável no cenário brasileiro, cuja falta de informação dificulta o monitoramento das vias e a manutenção se constitui basicamente de tapa-buracos emergenciais e recapeamentos sem projetos, logo um SGP eficiente, que exerça suas funções corretamente, aparece como uma solução, presando-se sempre a manutenção preventiva.

A principal ferramenta, de aquisição de dados, que pode ser utilizada para auxiliar os tomadores de decisões são os índices, que permitem quantificar avaliações funcionais, superficiais, estruturais e de segurança de um pavimento, prevendo o seu estado de conservação ou as suas condições de conforto ao rolamento. Segundo Kafí (2012), a avaliação da condição do pavimento é o principal dado de entrada de um SGP, é a partir dessa avaliação que se determinam os tipos de defeitos, sua severidade e sua extensão, daí pode-se desenvolver o índice de condição do pavimento que tem como objetivo auxiliar na tomada de decisão em nível de rede, quanto à priorização de seleção de projetos, estratégias de M&R, previsão orçamentária e alocação de recursos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a condição de uma via urbana importante na cidade de João Pessoa-PB, por meio de avaliações subjetivas e objetivas do pavimento, valendo-se dos seguintes índices: Valor de Serventia Atual (VSA), Índice de Gravidade Global (IGG), *Pavement Condition Index* (PCI) e o Índice de Condição de Pavimento Urbano para cidade de João Pessoa (ICPUjp). Além disso, o trabalho se propõe a comparar os resultados obtidos por esses índices e definir possíveis estratégias de manutenção ou reabilitação do pavimento.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O pavimento está em constante deterioração devido as cargas de veículos e intempéries do meio ambiente, necessitando assim de avaliação frequente para estimar a sua condição atual. De acordo com Boyu *et al.* (2019), a avaliação de um pavimento é importante para mantê-lo eficiente, sendo que a sua condição influencia não só a segurança dos condutores, mas também o nível de conforto, além de gerar altas emissões de ruído.

Segundo Carey e Irick (1960), a aquisição de dados sobre a condição do pavimento pode ser feita através de avaliações subjetiva e objetiva. Na avaliação subjetiva, um grupo de técnicos

(ou usuários) treinados avalia a suavidade e o conforto do pavimento, segundo uma escala apropriada. No Brasil, utiliza-se o VSA como índice para medir a capacidade de uma seção de pavimento em servir ao tráfego no estado em que se encontra, o qual é regido pela norma DNIT 009/2003-PRO e varia em uma escala de 0 (péssimo) a 5 (ótimo), sendo influenciado principalmente por defeitos superficiais e irregularidades.

Já a avaliação objetiva de um pavimento visa fazer o levantamento de defeitos na superfície, caracterizando-os quanto ao seu tipo, severidade e densidade. Vários índices podem ser utilizados para quantificar essa avaliação, como o IGG descrito na norma DNIT 006/2003-PRO, o PCI definido por Shahim (1979) e o ICPUp desenvolvido por Albuquerque (2017). Estes classificam o estado geral do trecho analisado em função da incidência de defeitos de superfície. Conforme Xue *et al.* (2012), as condições de superfície dos pavimentos, incluindo 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.

O IGG é um índice brasileiro usado para atribuir valor numérico ao levantamento de defeitos de um pavimento, o qual está fixado na norma DNIT 006/2003-PRO que descreve todos os procedimentos necessários para a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Essa avaliação é feita por caminhamento registrando-se os tipos dos defeitos e a frequência relativa. O Índice classifica cada trecho homogêneo do pavimento em uma escala de 0 a 160, cujo menor valor representa uma via em melhores condições, o qual é calculado de acordo com a Equação 1:

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

Em que: *IGG*: Índice de Gravidade Global;
IGI: Índice de Gravidade individual.

De acordo com Zanchetta (2005), a utilização do IGG nos sistemas de gerenciamento de pavimentos rodoviários tem algumas limitações, como o fato de considerar apenas o número de ocorrência dos defeitos. Outra limitação importante é não considerar a extensão e o nível de severidade dos defeitos, exceto para as trincas que são consideradas. Essas características limitam a aplicabilidade do índice em gerência de pavimento. Além disso, esse método demanda mais tempo para avaliar o segmento do pavimento.

O PCI é um método de avaliação objetiva desenvolvido pelo *United States Army Corps of Engineers* (USACE), e é usado para determinar as condições de pavimentos rígidos e flexíveis. A norma que dá as diretrizes do método é a ASTM D 6433-07/2007. O PCI é usado para qualificar as condições do pavimento por meio da identificação do tipo, das severidades e densidades de 19 tipos de defeitos. Com esses dados são obtidos os valores de dedução (VD) que serão usados para obter o valor do PCI por meio do uso de ábacos. Após a obtenção de todos os VD, os valores passam por uma correção, obtendo um VD corrigido. As amostras para levantamento dos defeitos devem ter 225 ± 90 m². Já a escala de classificação da condição do pavimento varia de 0 a 100 com conceitos de péssimo (0), muito ruim, ruim, regular, bom, muito bom e excelente (100). O valor do PCI é obtido pelas Equações 2 e 3:

$$PCI = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} a(T_i, S_j, D_{ij}) \quad (2)$$

$$PCI = 100 - VDC \quad (3)$$

Em que: *p*: número total de tipos de defeitos, para o pavimento analisado;
m_i: número de níveis de severidade para o *i*-ésimo tipo de defeito;
i: contador do tipo de defeitos;
j: contador dos níveis de severidade;

a (i): valor de dedução;
 T_i : tipos de defeitos;
 S_j : níveis de severidade;
 D_{ij} : densidade;
 CDV : Valor de dedução corrigido (*corrected deduct value*).

O ICPU_{jp}, proposto por Albuquerque (2017), para a cidade de João Pessoa, foi desenvolvido a partir da coleta manual de defeitos superficiais e avaliação da serventia atual. Para efeito de cálculo utiliza-se o método de regressão linear múltipla, como pode ser visto na Equação 4:

$$ICPU_{jp} = 5 - \sum_{i=1}^n \alpha_i * Defeito\%_i \quad (4)$$

$$Defeito\%_i = \sum_{j=1}^3 DefeitoExtensão (\%)_j * Fator de Severidade j$$

Em que: $ICPU$: Índice de Condição de Pavimento Urbano;

α_i : Fator de Ponderação de cada tipo de defeito;

$Defeito\%_i$: A densidade para cada tipo de defeitos;

$Defeito Extensão (\%)_j$: O percentual do defeito na amostra avaliada;

$Fator de Severidade j$: os três tipos de severidade baixa, moderada e alta.

A expressão final para o cálculo do ICPU_{JP} contempla apenas os defeitos mais representativos do estudo realizado por Albuquerque (2017) e suas respectivas ponderações em relação a severidade observada em cada defeito selecionado, esta pode ser vista na Equação 5:

$$ICPU = 5 - TF \times 0,016 - RM \times 0,030 - PN \times 0,266 - DP \times 0,049 - DE \times 0,021 - AG \times 0,16 \quad (5)$$

Em que: $ICPU$: Índice de Condição de Pavimento Urbano;

TF : Trincas por Fadiga (%);

RM : Remendo (%);

PN : Panela (%);

DP : Deformação Permanente (mm);

DE : Desgaste (%); e

AP : Agregados Polidos (%).

O Índice de Condição de Pavimento Urbano para cidade de João Pessoa classifica os pavimentos de acordo com a seguinte escala: 0-1 para péssimo; 1,1-2 para ruim; 2,1-3 para regular; 3,1-4 para bom e 4,1-5 para ótimo.

3. MÉTODO DE TRABALHO

Para chegar ao objetivo do trabalho, foram desenvolvidas as seguintes atividades: seleção da via urbana, contagem de tráfego, avaliação subjetiva, avaliação objetiva (levantamento de defeitos) e comparação entre índices de condição do pavimento.

Para efetuar a coleta de dados, fez de manuseio de trena métrica, treliça de alumínio padronizada para medir as deformações permanentes, prancheta, formulários de avaliação e automóvel. As coletas ocorreram no período manhã, sempre com o tempo aberto, ausência de chuva e com quatro avaliadores, sendo por caminhamento na avaliação objetiva e com o auxílio de veículo na subjetiva.

3.1 Seleção da via urbana e contagem de tráfego

A via escolhida para estudo foi a Rua Tabelaão Stanislau Eloy na cidade de João Pessoa-PB, via urbana de grande importância que dá acesso ao Hospital Universitário Lauro Wanderlei e ao Campus I da Universidade Federal da Paraíba. O trecho avaliado possui uma extensão de 2,4 km e está localizado entre o bairro Bancários e Castelo Branco. O trecho pode ser visto na Figura 1.

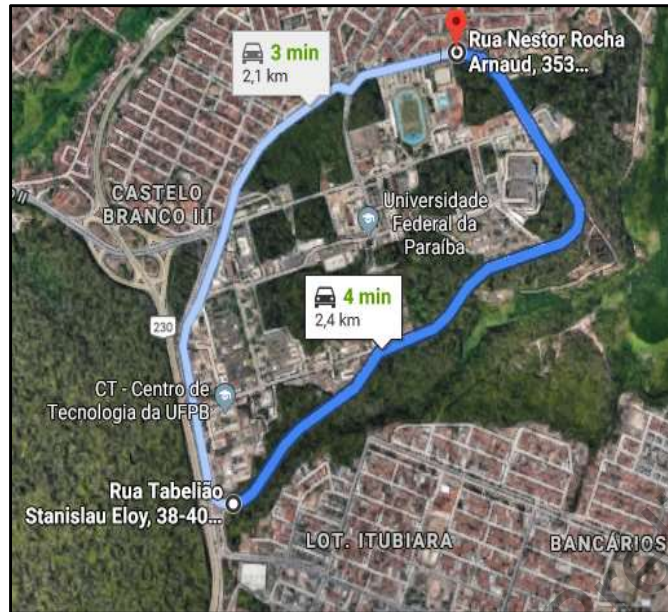


Figura 1: Via urbana avaliada - Rua Tabelião Stanislaw Eloy (Google Maps, 2019).

A velocidade máxima regulamentada para a via é de 40 km/h, portanto ela é classificada como coletora. Esta é uma pista simples de mão dupla, com faixas de 3,5 m, possuindo seções em declive e aclive ao longo do seu percurso. O pavimento é do tipo flexível, tendo um revestimento de Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) com espessura de 6 cm.

A fim de caracterizar o trecho, foi realizado um estudo de tráfego, cujos dados de volume de tráfego foram obtidos entre as interseções. A contagem foi manual, por meio do auxílio de fichas, sendo utilizado o modelo tipo I exposto no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006).

3.2 Avaliação subjetiva

Para a coleta de dados subjetivos, foi utilizada a ficha de avaliação proposta por Carey e Irick (1960) e seguindo o que preconiza a Valor de Serventia Atual (VSA) na norma DNIT 009/2003-PRO. Por meio da média dos quatro avaliadores foi determinado o VSA da amostra. Vale salientar que o trecho de 2,4 km foi dividido em quatro seções, cada uma com 600 m, atendendo o que pede a norma. Estas, mantiveram o mesmo comprimento para as avaliações objetivas, possibilitando assim observar a variação entre os índices utilizados, partindo do VSA.

3.3 Avaliação Objetiva

3.3.1 ICPU_{JP}

Para encontrar o valor do ICPU_{JP} foi definido o tamanho da amostra de acordo com Osorio *et al.* (2014), delimitando em 50 m de comprimento. A partir disso, obteve-se o tamanho da população (N=48), realizando a divisão do tamanho da amostra pela extensão da via estudada (2,4 km). Assim, com base no estudo de Morales (2012) foi utilizada a Equação 6 para determinar a quantidade de amostras finitas para o trecho, visando garantir representatividade estatística dos dados.

$$n = \frac{N \times p \times q \times Z^2}{P \times q \times Z^2 + (N-1) \times \varepsilon^2} = \frac{48 \times 0,25 \times 1,96^2}{0,25 \times 1,96^2 + (48-1) \times 0,1^2} \quad (6)$$

Em que: *n*: quantidade de amostra;

N : tamanho da população;

$p \times q$: variância da população nos itens dicotômicos (duas respostas mutuamente exclusivas) é igual à maior variância $p \times q$ (a maior diversidade de respostas) quando $p \times q = 0,50$ pelo qual sempre igual a $0,50 \times 0,50 = 0,25$;

Z : intervalo de confiança. Um nível de confiança de 95% (também expresso como $\alpha = 0,05$) corresponde a $Z = 1,96$ erros padrão.

ε : margem de erro. Se a margem de erro é de 10%, $\varepsilon = 0,10$.

Como a via foi dividida em quatro seções de 600 m, dividiu-se as 32 amostras em quatro partes iguais, totalizando oito amostras para cada seção individual. Após o levantamento dos defeitos nas oito amostras de cada seção, foram aplicados os resultados na fórmula do ICPU_{JP} (Equação 5) para obtenção do valor do índice.

3.3.2 PCI

Seguindo as diretrizes propostas na ASTM D 6433-07/2007 para realização da coleta de defeitos em campo para o cálculo do PCI, foram escolhidas amostras de tamanho de 270 m² respeitando a área exigida em norma. A via analisada possui uma extensão de 2,4 km, com 7 m de largura, resultando em um total de 62 amostras. A quantidade de amostras necessárias para obter um resultado com 95 % de confiança é obtida pela Equação 7.

$$n = \frac{Nxs^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + S^2} \quad (7)$$

Em que: n : número de amostra para análise;

e : erro aceitável, $e = \pm 5$;

s : desvio-padrão, considerado 10 para pavimentos de asfálticos;

N : número total de unidades de amostra na seção.

Aplicando a Equação 7, obteve-se a quantidade de 12 amostras para a via, resultando em três amostras para cada seção de 600 m. Após a coleta de defeitos em campo foram calculados os valores do PCI para as amostras de cada seção, obtendo os valores de dedução e fazendo as correções necessárias como previsto em norma.

3.3.3 IGG

Para o cálculo do Índice de Gravidade Global, procedeu-se como estabelece a norma DNIT 006/2003 PRO, com superfícies de avaliação a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento. Logo, para a via de 2400 m foram coletadas 120 amostras, sendo 30 para cada seção individualmente. O calculado foi realizado de acordo com a Equação 1.

3.4 Comparação entre os índices

Os índices abordados no supracitado estudo não estão na mesma escala do VSA, exceto o ICPU_{JP}, logo foi necessário colocá-los no mesmo intervalo. Para isso utilizou-se correlações presentes no trabalho de Serafini e Gonçalves (2004), permitindo assim a conversão dos índices para uma escala de 0 a 5. As correlações podem ser vistas nas Equações 8 e 9:

$$PCI = VSA \times 20 \quad (8)$$

$$VSA = \frac{474,48 - (1,642 \times IGG)}{94,846 + IGG} \quad (9)$$

Com o resultado da avaliação objetiva e subjetiva foi possível identificar a condição atual do pavimento, comparar as metodologias utilizadas por meio de medidas de dispersão, e propor intervenções na via estudada, levando em consideração os tipos de defeitos mais encontrados no pavimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Contagem de tráfego

A Tabela 1 sintetiza os dados referentes a contagem de tráfego, bem como as estatísticas obtidas a partir dessa.

Tabela 1: Contagem de tráfego.

Contador	VHP	%			
		(Veículos leves)	(ônibus)	(Caminhões)	(Motocicletas)
N 1	597	80%	5%	1%	14%
N 2	610	77%	5%	1%	17%
MÉDIA	604	78%	5%	1%	15%

De maneira geral, foi visto que a via possui um tráfego médio de 604 veículos por hora (VPH), onde a porcentagem de ônibus chega a 5% e de caminhão a 1%, como apresentado na Tabela 1. O perfil de tráfego identificado é justificado possivelmente por se tratar de uma via urbana, localizada próximo à equipamentos urbanos, tais como: hospital, universidade e pontos comerciais. Logo, os veículos leves são responsáveis pela maior parte do tráfego.

4.2 Avaliação Subjetiva - VSA

A Tabela 2 sintetiza as notas dadas por cada avaliador, a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação (CV) para cada seção.

Tabela 2: Avaliações Subjetivas - VSA.

SEÇÕES	AVALIAÇÕES SUBJETIVAS				MÉDIA	DESVIO PADRÃO	CV
	AVAL.	AVAL.	AVAL.	AVAL.			
	1	2	3	4			
1 (600 m)	3,5	3,3	3,5	3,4	3,40	0,10	3%
2 (600 m)	3,1	3,0	3,4	3,1	3,20	0,17	5%
3 (600 m)	3,2	3,2	3,6	3,0	3,25	0,25	8%
4 (600 m)	3,0	3,3	3,5	2,9	3,17	0,28	9%

Pode-se observar que todos os segmentos estão entre 3,1 e 4, portanto se enquadram em relação a condição funcional de conforto e rolamento, no intervalo tido como bom.

4.3 Avaliação Objetiva

4.3.1 ICPU_{jp}

Na Tabela 3 apresenta-se os valores do ICPU_{jp} para cada seção e a sua classificação.

Tabela 3: Valor do ICPU_{jp} e classificação das seções avaliadas.

Seções	ICPU _{jp}	Condição do Pavimento
1	3,81	Bom
2	3,94	Bom
3	3,95	Bom
4	3,94	Bom

Pela Tabela 3, todas as seções obtiveram índices entre 3,1 e 4, portanto o pavimento é classificado como bom de acordo com os valores do ICPU_{jp}. Vale ressaltar, que para efeito de levantamento dos defeitos são considerados seis tipos para o cálculo do referido índice: trinca por fadiga, remendo, panela, deformação permanente, desgaste e agregado polido. Entretanto, o defeito trinca em bloco se mostrou evidente por todo o pavimento, mas pelo referido método foi desconsiderado. É possível que o incremento desse defeito possa alterar a condição do pavimento em estudo.

4.3.2 PCI

Os valores resultantes do PCI são dados pela média das três amostras e podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4: Resultado do PCI.

Seções	PCI	Condição do Pavimento
1	54	Ruim
2	67	Regular
3	65	Regular
4	69	Regular

Como pode ser observado na Tabela 4, a seção 1 apresentou a pior condição, sendo considerada ruim de acordo com o PCI. Já as outras seções foram consideradas regulares, devido a menor presença de defeitos de maior severidade.

4.3.3 IGG

Após o levantamento dos defeitos, calculou-se o valor do IGG das seções. Os resultados podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5: Índice de Gravidade Global.

Seções	IGG	Condição do Pavimento
1	111,8	Ruim
2	111,0	Ruim
3	125,2	Ruim
4	107,0	Ruim

De acordo com a Tabela 5, todas as seções ficaram no intervalo entre 81-160, enquadrando assim o pavimento em um estado ruim, de acordo com escala prescrita em norma. Isso pode ser explicado pela alta frequência de trincas isoladas e interligadas, desgaste, afundamentos e trilhas de roda, constatados no levantamento *in loco* durante toda a via.

4.4 Análise comparativa entre os índices

Para explorar a diferenças encontradas entre os índices foi elaborada a Tabela 6 com todos os resultados em cada seção da via, seus valores e classificações obtidas após a conversão para a escala do VSA, utilizando as Equações 8 e 9, como descrito anteriormente para permitir a comparação entre eles.

Tabela 6: Resultados dos índices para as seções avaliadas em escala de VSA.

Seções	Valores				Classificação do pavimento			
	VSA	ICPU _{jp}	PCI	IGG	VSA	ICPU _{jp}	PCI	IGG
1	3,40	3,81	2,70	1,40	Bom	Bom	Regular	Ruim
2	3,20	3,94	3,35	1,41	Bom	Bom	Bom	Ruim
3	3,25	3,95	3,25	1,22	Bom	Bom	Bom	Ruim
4	3,17	3,94	3,45	1,48	Bom	Bom	Bom	Ruim

Pela Tabela 6, analisando os índices de acordo com a escala do VSA, observa-se que tanto o VSA, quanto ICPU_{jp} classificaram o pavimento como bom. Já o PCI, classificou a seção 1 como regular e as restantes como boas e para o IGG todas as seções foram classificadas como ruins, apresentando assim a pior classificação entre os índices.

De acordo com essa classificação, nota-se que o IGG distancia-se muito dos outros índices, mesmo após a conversão para a escala do VSA, isso pode ser explicado por se tratar de um método desenvolvido para rodovias, em que não se considera a severidade e a extensão dos

defeitos, apenas contabiliza-os de acordo com o seu tipo, o que reflete uma tendência pessimista.

A avaliação subjetiva com utilização do VSA classificou o pavimento como bom, assim como o $ICPU_{jp}$, isso pode ser explicado pelo fato do $ICPU_{jp}$ ter sido obtido por meio de uma regressão linear em que a variável dependente foi o VSA, tendo uma grande relação entre os índices. Além disso, percebe-se que com o $ICPU_{jp}$ obteve-se os maiores valores de classificação, devido o índice considerar apenas 6 defeitos para o seu cálculo, podendo ter deixado de lado defeitos que prevaleceram no levantamento, como as trincas em bloco.

O PCI quando convertido para escala de VSA apresenta uma nova classificação, passando de ruim e regular para regular e bom, respectivamente. Isso acontece pela diferença de escala entre o VSA e o PCI, cujo último apresenta sete condições (Excelente, Muito Bom, Bom, Regular, Ruim, Muito Ruim e Péssimo) contra cinco (Excelente, Bom, Regular, Ruim e Péssimo) do primeiro. A diferença de classificação na escala de cada índice sinaliza que o PCI é um índice mais rigoroso que o VSA e o $ICPU_{jp}$, pois possui mais intervalos para estimar as condições do pavimento, além de considerar uma quantidade maior de defeitos.

A partir da Tabela 6 foi gerado o gráfico apresentado na Figura 2, onde pode-se observar a relação de proximidade ou distanciamento entre os índices e o valor tomado como referência, que é o VSA de cada seção.

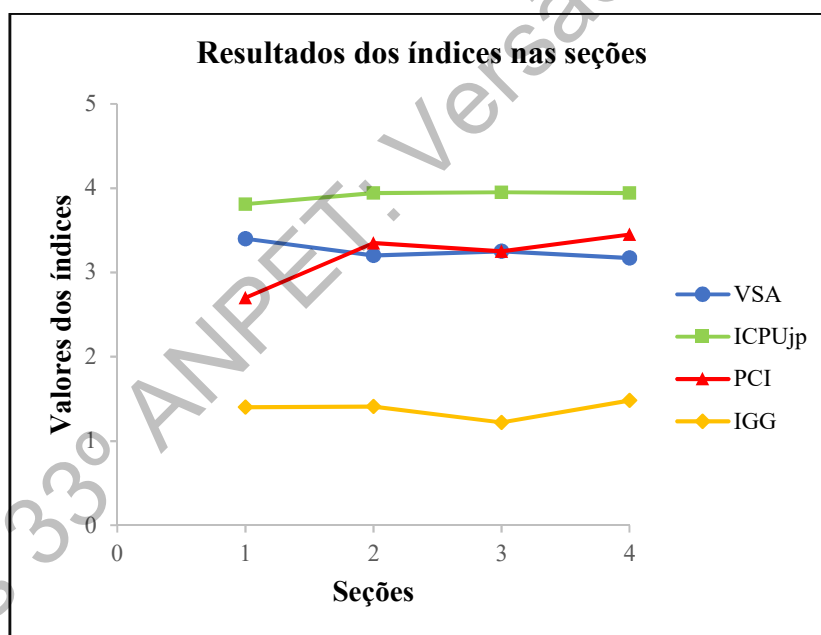


Figura 2: Resultados dos índices nas seções.

Fica evidente, pelo gráfico da Figura 2, que o PCI é o índice que mais se aproxima do valor de referência, seguido do $ICPU_{jp}$ que apresenta uma tendência mais otimista para classificação do pavimento. Em contrapartida, o IGG, de todos os índices estudados, é o que fica mais distante do valor do VSA, apresentando os valores mais baixos de classificação.

Para permitir uma melhor visualização dos resultados obtidos, foi elaborado um gráfico que correlaciona o VSA e os índices, por meio de uma reta de equivalência em termos de VSA. O gráfico pode ser visto na Figura 3.

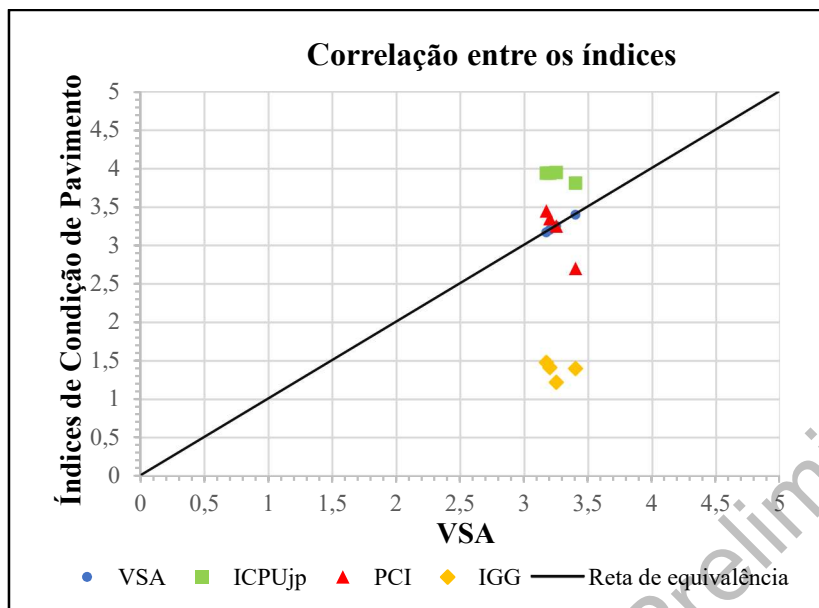


Figura 3: Correlação entre o VSA e os índices.

A análise comparativa dos índices buscou certificar, estatisticamente, por meio do gráfico da Figura 3, que apresenta a reta de equivalência do VSA, o quanto forte era a relação dos índices com esse valor de referência. Como pode ser visto no gráfico, o PCI e o ICPUjp são os índices que mais se aproximam da reta de equivalência do VSA, portanto possuem maior correlação, sendo que o PCI é o que chega mais perto. Contudo, o IGG é o índice que apresenta os pontos mais afastados da reta de equivalência, tendo pouca correlação com o VSA.

4.5 Proposta de Intervenção

Ao fim dos levantamentos e cálculo dos índices, observou-se que a via necessita de uma manutenção preventiva, para que possa atender ao tráfego adequadamente e que futuramente seja evitado um gasto maior com intervenções. Logo, para escolha dessa atividade de manutenção, levou-se em consideração os principais defeitos encontrados na via, que são: trincas isoladas, trincas interligadas (jacaré e bloco) e desgaste. Estes podem ser vistos na Figura 4.



Figura 4: Defeitos que prevaleceram na via analisada.

Como pilar para tomada de decisão, buscando a melhor intervenção, utilizou-se as Técnicas de Restauração Asfáltica presentes no livro Pavimentação Asfáltica (BERNUCCI *et al.*, 2006). Então, sugere-se realizar um recapeamento com tratamento superficial simples, que vai selar as trincas e restaurar a aderência superficial, pois a via apresenta apenas defeitos funcionais superficiais. Visando impedir a propagação das trincas, aplica-se também um geotêxtil impregnado com emulsão asfáltica na interface entre o revestimento antigo deteriorado e a nova capa asfáltica.

Ao realizar as intervenções sugeridas, espera-se que o pavimento volte a ter as suas condições iniciais, proporcionando um tráfego confortável, seguro e econômico para os usuários. Vale salientar que se as atividades não forem executadas, a condição da via tende a piorar, proporcionando assim custos maiores para futuras intervenções.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foram usados índices para avaliar a condição do pavimento, os quais são uma importante ferramenta para um SGP, uma vez que podem auxiliar na tomada de decisões quanto a reabilitação e manutenção de vias urbanas. No entanto, constatou-se que cada índice apresenta particularidades, as quais podem diferenciar o resultado encontrado, como no caso do IGG que se distanciou bastante dos demais índices, tendo a pior classificação para a via analisada. Os fatores que levam a essa diferença estão relacionados à quantidade de defeitos analisados, ao método de coleta de dados, a consideração ou não de densidades e severidades, e o seu grau de subjetividade.

O VSA, o ICPUjp e o PCI classificaram a maioria das seções como boas, diferentemente do IGG que classificou todas como ruins. Logo, o PCI e o ICPUjp foram os índices que mais se aproximaram da reta de equivalência do valor de referência, respectivamente. Sendo o IGG, o índice com os valores mais discrepantes. Tendo em vista a complexidade das vias urbanas, a análise com diferentes índices pode auxiliar na escolha de um método mais adequado para o uso em um SGPU, dependendo da situação em que se trabalha, bem como o desenvolvimento de índices locais que possam abranger as particularidades da localidade.

De acordo com os levantamentos realizados *in loco* e as avaliações, observou-se que a via avaliada necessita de manutenção. Com isso, foi sugerido um recapeamento com tratamento superficial simples, além da aplicação de um geotêxtil impregnado com emulsão asfáltica na interface entre o revestimento antigo deteriorado e a nova capa asfáltica. Entretanto, se a intervenção não ocorrer, os gastos futuros para recuperação serão maiores, pois os problemas atuais serão agravados com a queda de desempenho do pavimento naturalmente.

Essas informações obtidas com o estudo podem ser inseridas no banco de dados do órgão responsável pela via, servindo assim como auxílio para a tomada de decisão sobre qual a melhor intervenção realizar, salientando a importância da manutenção preventiva da infraestrutura viária, como foi sugerido. Logo, o trabalho realizado é de grande relevância, não só acadêmica, mas também de interesse para a sociedade, que depende da infraestrutura viária, e para os órgãos públicos, que trabalham na manutenção e conservação da rede viária.

Confirma-se, ao fim do estudo, a importância de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos, que aliado com as avaliações do pavimento e atividades de M&R, visa manter o pavimento em bom estado para os usuários, otimizando os gastos públicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, T. P. (2017) *Índice de Condição Baseado em Defeitos Superficiais para Gerência de Pavimentos Urbanos*. 140f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba.
- ASTM (2007) *D 6433 – 07 - Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*. American Society for Testing and Materials.
- Bernucci, L. B.; Motta, L. M. G.; Ceratti, J. A. P. e Soares, J. B. (2006) *Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros*. Petrobras – ABEDA, Rio de Janeiro, RJ.
- Boyu Zhao, Tomonori Nagayama, Kai Xue. (2019) 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>.
- DNIT (2003) *NBR 006/2003 – PRO. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento*. Rio de Janeiro.
- DNIT (2003) *NBR 009/2003 – PRO. Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento*. Rio de Janeiro.
- DNIT (2006) *Manual de estudos de tráfego*. Rio de Janeiro.
- Carey, W. N. e P. E. Irick (1960) “*The Pavement Serviceability. Performance Concept. Highway.*” Research Board Bulletin, v. 250, pp.40-58.
- Kafi, M. *Development Practices for Municipal Pavement Management Systems Application*. (2012). Dissertation (master's degree) - Civil Engineering. University of Waterloo. Ontario, Canada.
- Lima, J. P. (2007) *Modelo de decisão para a priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos*. Tese de Doutorado – EESC – USP, São Carlos.
- Loprencipe, G.; Pantuso, A.; Di Mascio, P. (2017). Sustainable Pavement Management System in Urban Areas Considering the Vehicle Operating Costs. *Sustainability* 2017, 9(3), 453; doi:10.3390/su9030453.
- Migliaccio, G. C.; Bogus, S. M.; Cordova-Alvidrez, A. A (2014). Técnicas de Mejora Continua de la alidad de la Recoleccion de Datos en Sistemas de Gerencia de Capital de Infraestructura. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 140.
- Morales, V. P. (2012). *Tamaño Necesario de la Muestra: Cuántos Sujetos Necesitamos*. Universidad Pontificia Comillas, Facultad de Humanidades. Madrid.
- Osorio, A.; Chamorro, A.; Tighe, S.; Videla, C. (2014) Calibration and Validation of a Condition Indicator for Managing Urban Pavement Networks. *Journal of the Transportation Research Board*, Washington, v.2455, p. 28-36.
- Serafini, L.; Gonçalves, F. P. (2004) – Critérios para priorização de intervenções de manutenção em redes pavimentadas. *35ª Reunião Anual de Pavimentação*. Rio de Janeiro, RJ.
- Shah, Yogesh & S. Jain, S & Parida, Manoranjan. (2012). Evaluation of prioritization methods for effective pavement maintenance of urban roads. *International Journal of Pavement Engineering - INT J PAVEMENT ENG*. 15, 1-13. 10.1080/10298436.2012.657798.
- Shahin, M.Y. e S.D. Kohn. (1979) “*Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lots*” U.S. Army corps of engineers, Technical Report M-268.
- Soncim, S. P.; Fernandes Júnior J.; Campos, L. E. P (2014). Modelo de previsão da área de desgaste em pavimentos rodoviários com revestimento em tratamento superficial. *Transportes*, v. 22, n.2.
- Swei, O., Gregory, J., & Kirchain, R. (2016). Pavement Management Systems: 488 Opportunities to Improve the Current Frameworks. *In Transportation Research Board 489 95th Annual Meeting* (No. 16-2940).
- Xue, Wenjing & Wang, Dong & Wang, Linbing. (2012). A Review and Perspective about Pavement Monitoring. *International Journal of Pavement Research and Technology*. 5. 295-302.
- Zanchetta, F. (2005). “*Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de pavimento urbanos.*” 121p. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

Antonio Dias de Lima Terceiro Neto (terceiro_netobsf@hotmail.com), Aluno de Mestrado.

Maisa Beatriz Marinho Fausto da Silva (biafausto@hotmail.com), Aluna de Doutorado.

Regiane Aparecida de Souza e Silva (souza.regiane03@gmail.com), Aluna de Mestrado.

Vinicius Bruno de Oliveira Araújo (vinicius_oliveira933@outlook.com), Aluno de Mestrado.

Ricardo Almeida de Melo (ricardo@ct.ufpb.br), Professor.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, Campus I, Cidade Universitária - João Pessoa, PB, Brasil.