

# INVESTIGAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

## INVESTIGATION OF THE CORRELATION BETWEEN FLEXIBLE PAVEMENT CONDITION EVALUATION SYSTEMS

Larissa de Abreu Gimenes<sup>1</sup> 

Carlos Alberto Prado da Silva Junior<sup>2</sup> 

Heliana Barbosa Fontenele<sup>3</sup> 

**Resumo:** O Sistema de Gerência de Pavimentos é atualmente uma importante ferramenta de gestão, pois determina a forma mais eficaz de aplicação dos recursos disponíveis, com isso, a avaliação do pavimento é utilizada para auxiliar na tomada de decisão e na otimização dos recursos. Com base nisso, é necessário desenvolver procedimentos simples, eficientes e confiáveis que forneçam dados válidos e de baixo custo sobre a condição dos pavimentos e que fortaleçam o controle de qualidade. Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar a correlação entre o Índice de Condição Atual dos Pavimentos e o Índice de Condição dos Pavimentos do Instituto do Asfalto na área urbana, bem como classificar e analisar a condição dos pavimentos. Para avaliar o estado geral da superfície do pavimento, foram utilizados o Índice de Condição dos Pavimentos segundo o Instituto do Asfalto e o Índice de Condição Atual dos Pavimentos baseado na metodologia M-MACBETH. Verificou-se que os resultados foram semelhantes entre si, na comparação dos resultados obtidos, e assim, as atividades das estratégias de intervenção, eram basicamente os mesmos. Portanto, o Índice de Condição dos Pavimentos do Instituto do Asfalto e o Índice de Condição Atual dos Pavimentos mostraram-se válidos e práticos para a avaliação da condição superficial de pavimentos urbanos flexíveis.

**Palavras-chave:** Sistema de Gerência de Pavimentos. Índice de Condição do Pavimento. Instituto do Asfalto.

**Abstract:** The Pavement Management System is currently an important administration tool, as it determines the most effective way of applying available resources, with this, pavement evaluation is used to assist in decision making and resource optimization. Based on this, it is necessary to develop simple, efficient and reliable procedures that provide valid and low-cost data on the condition of pavements and that strengthen quality control. In this way, this work aims to analyze the correlation between the Current Condition Index of Pavements and the Pavement Condition Index of the Asphalt Institute in the urban area, as well as classify and analyze the condition of pavements. To evaluate the general condition of the pavement surface, the Pavement Condition Index according to the Asphalt Institute and the Current Condition Index of Pavements based on the M-MACBETH methodology were used. It was found that the

<sup>1</sup> Mestranda do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, [larissa.gimenes@uel.br](mailto:larissa.gimenes@uel.br).

<sup>2</sup> Professor Doutor, Universidade Estadual de Londrina, [cprado@uel.br](mailto:cprado@uel.br).

<sup>3</sup> Professora Doutora, Universidade Estadual de Londrina, [heliana@uel.br](mailto:heliana@uel.br).

results were similar to each other, as well as, in the comparison of the results obtained, and thus, the activities of intervention strategies, were mostly the same. Therefore, the Pavement Condition Index of the Asphalt Institute and Current Condition Index of Pavements are proved to be valid and practical for the evaluation of the surface condition of flexible urban pavements.

**Keywords:** Pavement Management System. Pavement Condition Index. Asphalt Institute.

# 1 INTRODUÇÃO

Um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), de acordo com DNIT (2011) é uma importante ferramenta de administração, objetivando determinar a forma mais eficaz da aplicação dos recursos públicos disponíveis, em diversos níveis de intervenção, de maneira a responder às necessidades dos usuários dentro de um plano estratégico que garanta a melhor relação Custo-Benefício.

Um bom sistema de gerência de pavimentos representa uma economia não somente no orçamento público, mas também para os cidadãos que utilizam a malha viária, devido ao tempo de viagem, combustível, e integridade dos veículos tanto públicos como privados.

As aplicações de um SGP voltadas para vias urbanas, ou seja, um sistema de gerência de pavimentos urbanos (SGPU), é a combinação de procedimentos de análises, formas detalhadas, medições, critério de decisão e ferramentas, os quais fornecem aos administradores métodos ótimos para a gerência nas áreas urbanas (ZANCHETTA, 2017).

Para implantar um SGPU, Páez (2015) cita uma série de sugestões para que sejam alcançados bons resultados. Entre elas estão a adoção de métodos simples e práticos de levantamento de dados, armazenamento e análise das informações de forma computadorizada, integração dos diversos departamentos importantes dentro do sistema e desenvolvimento constante do SGPU.

De forma a direcionar melhor os recursos destinados à infraestrutura, no SGP usam-se métodos de avaliação dos pavimentos para verificar as condições funcionais e estruturais das vias. A partir dessas avaliações é possível identificar quais trechos necessitam de uma intervenção, que tipo de atividade é recomendado e estabelecer as prioridades, tendo em vista os limitados recursos.

Os procedimentos para o levantamento da condição do pavimento devem garantir resultados confiáveis, serem eficientes, tanto na coleta quanto no processamento de dados e ser segura para os avaliadores (CHAMORRO *et*

al., 2009). Logo, o tipo de avaliação e o procedimento a ser utilizado dependem do objetivo para a qual é realizada.

Um dos métodos utilizados é a avaliação objetiva da superfície dos pavimentos flexíveis, na qual é realizado o levantamento dos tipos e severidades de defeitos presentes nos pavimentos classificando-os qualitativamente.

Além dos métodos objetivos, a avaliação também pode ser executada por procedimentos subjetivos. Esta avaliação consiste em determinar a condição da superfície do pavimento em algum momento da vida útil do pavimento de acordo com o entendimento de um grupo de avaliadores.

Entretanto, devido a sua condição subjetiva, diversos fatores podem influenciar no resultado da avaliação, desde as instruções dadas pelo líder das avaliações até as condições climáticas no momento da avaliação. Segundo DNIT (2003), as avaliações são feitas em momentos de tempo estáveis, como dias sem chuva e com temperaturas moderadas, pois essas condições adversas podem influenciar a aparência e a integridade do pavimento, levando a discrepâncias entre as avaliações feitas por diversos avaliadores.

Na tentativa de reduzir a influência desses fatores, vários trabalhos têm voltado seu objetivo para o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem os avaliadores durante as avaliações subjetivas e que torne os dados levantados confiáveis. As escalas visuais, são um exemplo dessas ferramentas, composta por uma série de imagens de pavimentos com os mais variados cenários e respectivas notas. Elas são utilizadas como uma referência para os avaliadores, a fim de diminuir a dispersão entre as notas concedidas pelos usuários por servirem como referência, auxiliando na avaliação dos pavimentos.

Santos (2020) e Salviatto (2019), recomendam que a avaliação subjetiva pode ser apoiada por uma escala visual de referência, pois os resultados encontrados em seus trabalhos demonstram que o método subjetivo com escala visual apresenta notas mais próximas ao do PCI, sendo então, uma alternativa válida e mais simples do que o PCI para se utilizar na priorização de trechos das vias urbanas.

De acordo com Fernandes Jr. (2001), não existe um método mecânico ou experimental definitivo para o cálculo de um índice de condição do pavimento. Portanto, muitos indicadores têm sido propostos e utilizados (CHEN et al., 1993; KHEDR E EL DIMEERY, 1994; BERTOLLO, 1997).

Com base nisso é necessário o desenvolvimento de procedimentos simples, eficientes e confiáveis que forneçam dados válidos e a baixo custo sobre a condição dos pavimentos e que fortaleçam o controle de qualidade, no que tange a manutenção, e consequente, reabilitação do pavimento.

Existem diferentes índices que calculam a condição do pavimento, como, por exemplo: o *Pavement Condition Index* (PCI), o Índice de Condição Atual de Pavimentos (ICAP), o Índice de Condição de Pavimento do Instituto do Asfalto (ICP<sub>IA</sub>), o Índice de Gravidade Global (IGG), o Índice de Condição de Pavimentos Urbanos de João Pessoa (ICPU<sub>JP</sub>), entre outros.

O *Pavement Condition Index* (PCI) é um Índice numérico para classificar a condição do pavimento por meio da análise do estado da sua superfície (ASTM, 2018). O fator que determina a nota obtida pelo pavimento são as combinações de tipo, severidade e extensão dos defeitos presentes em cada unidade amostral (UA).

Esse método objetivo leva em consideração 20 defeitos encontrados na superfície do pavimento, são eles, trincas por fadiga, exsudação, trincas em bloco, saliências e deformações, corrugação, depressão, trincas na borda, trincas por propagação de juntas, desnível entre a pista e o acostamento, trincas longitudinais e transversais, remendo, agregado polido, buracos, passagem de ferrovia, afundamento de trilha de roda, deformação plástica do revestimento, trincas parabólicas, empolamento, desintegração e intemperismo.

Outro método para avaliar a condição geral da superfície de pavimentos é o Índice de Condição de Pavimentos conforme o Instituto do Asfalto (*MINNESOTA ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION*, 2012).

Segundo o método, alguns problemas afetam o desempenho de um pavimento mais do que outros. Sob este sistema de classificação, as observações menos graves recebem valores entre 0 e 5. Defeitos mais graves

(aqueles diretamente relacionados a resistência do pavimento, referindo-se à sua capacidade de suportar cargas sem sofrer danos excessivos) são avaliados em uma escala de 0 a 10. Uma classificação de 0 significa que o pavimento está livre desse determinado tipo de defeito, sendo considerada excelente, em contrapartida, uma classificação com nota máxima significa que o defeito ocorre na maioria ou em toda a extensão do pavimento, representando um risco à segurança, e assim o trecho avaliado é considerado muito ruim.

A classificação da condição fornece um índice geral do tipo e grau de reparo necessário, segundo o método, as estratégias são divididas em três tipos. Para os pavimentos que apresentam classificação acima de 80 é recomendado que atividades rotineiras de manutenção sejam feitas, como, por exemplo, vedação de trincas, reparo de buracos ou talvez tratamento de superfície. Em pavimentos com notas entre 30 e 80, é provável que seja necessária atividade de recapeamento. Por fim, abaixo de 30 é sugerido a reconstrução do pavimento.

Ressalta-se também, o Índice de Condição Atual de Pavimentos (ICAP) desenvolvido por Salviatto (2021), este método baseou-se na metodologia *Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique* (MACBETH) e foi constituído por cinco fases: estruturação (seleção dos critérios e dos níveis de desempenho), avaliação (obtenção dos pesos, das FVM e modelação do ICAP), teste (aplicação do ICAP em campo), validação (comparação do ICAP com outros índices de condição) e análise de sensibilidade (análise dos resultados após alteração nos pesos dos critérios).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a relação existente entre o Índice de Condição Atual de Pavimentos e o Índice de Condição de Pavimento do Instituto do Asfalto na área urbana.

## 2 MÉTODO

Para o desenvolvimento deste estudo, foi utilizado um banco de dados relativos às avaliações em trechos amostrais da rede de pavimentos de um campus universitário realizada no ano de 2019. A malha viária total é de

aproximadamente 40.000 m<sup>2</sup>, este local foi escolhido por conta do alto fluxo diário de pessoas e veículos.

Inicialmente a malha viária do campus foi dividida em 19 trechos, conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1** – Mapa de divisão do campus em trechos



**Fonte:** Ignacio *et al.* (2018)

Para as avaliações, os trechos foram divididos em seções, e estas em unidades amostrais (UAs) consecutivas de cerca de  $225 \pm 90 \text{ m}^2$  (135 a 315 m<sup>2</sup>), conforme especificado na ASTM (2018), sendo a largura fixa, correspondendo a faixa de tráfego, e o comprimento variável, gerando um total de 199 UAs.

Foram utilizados dois tipos de avaliações para coleta de dados em campo, a avaliação subjetiva (informações básicas e escala visual) e a avaliação objetiva. As avaliações foram realizadas por meio de caminhadas aos finais de semana, quando havia condições meteorológicas favoráveis, especificamente aos domingos de manhã, devido ao baixo fluxo de veículos  
**Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão.** Paranaguá, PR, v.8, n.2,2023.

neste dia, evitando a interrupção do procedimento e mantendo a segurança dos avaliadores.

A avaliação subjetiva da condição dos pavimentos foi baseada na especificação de procedimento 009/2003-PRO (DNIT, 2003) e realizada por discentes do curso de Engenharia Civil da própria Instituição. Ao painel, foi oferecida instruções de como o processo de avaliação deveria ser feito e apresentada a escala visual desenvolvida por Pereira (2019) para ser usada como referência nas avaliações.

Assim foram registrados os defeitos no pavimento levando em consideração o desconforto causado pela via com base na percepção dos usuários e o auxílio da escala visual, que consiste em um no grupo de imagens de pavimentos juntamente com suas respectivas pontuações e classificações. Durante todo o período de avaliação atribuíram uma nota de 0 (péssimo) a 100 (excelente) para cada uma das UAs do pavimento.

O formulário utilizado para coleta de dados é apresentado na Figura 2, bem como, a escala visual utilizada (Figura 3).

**Figura 2 – Formulário para avaliação subjetiva**

**AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE DE ESTRADAS PAVIMENTADAS**  
CLASSIFICAÇÃO COM ESCALA VISUAL

Avaliador:		
Data:	Hora início:	Hora término:

Escala de notas para classificação da condição da superfície da estrada:

100	—	Excelente
85	—	Muito boa
70	—	Boa
55	—	Regular
40	—	Ruim
25	—	Muito ruim
10	—	
0	—	Péssima

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>Nº Seção</th><th>Nota</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td></td></tr> <tr><td>02</td><td></td></tr> <tr><td>03</td><td></td></tr> <tr><td>04</td><td></td></tr> <tr><td>05</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nº Seção	Nota	01		02		03		04		05		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>Nº Seção</th><th>Nota</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nº Seção	Nota	26		25		24		23		31		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>Nº Seção</th><th>Nota</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>54</td><td></td></tr> <tr><td>53</td><td></td></tr> <tr><td>52</td><td></td></tr> <tr><td>51</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nº Seção	Nota	54		53		52		51		50	
Nº Seção	Nota																																					
01																																						
02																																						
03																																						
04																																						
05																																						
Nº Seção	Nota																																					
26																																						
25																																						
24																																						
23																																						
31																																						
Nº Seção	Nota																																					
54																																						
53																																						
52																																						
51																																						
50																																						

Fonte: Pereira (2019)

**Figura 3** – Escala Visual para a avaliação da condição de pavimentos



Fonte: Pereira (2019)

As avaliações objetivas prosseguiram assim que as subjetivas foram finalizadas, coletando dados referentes aos defeitos presentes em cada UA da malha de pavimentos do campus, segundo procedimento do método *Pavement Condition Index* (PCI) descrito na ASTM (2018).

Com base nos resultados da determinação do PCI, a condição do pavimento foi classificada de acordo com a escala de cores correspondente, com notas variando de 0 (pior condição) a 100 (melhor condição), seguiu-se as recomendações fornecidas na ASTM (2018), conforme reproduzido na Figura 4.

**Figura 4** – Classificação da condição do pavimento de acordo com o PCI

Padrão PCI		Cores
100	Excelente	Verde Escuro
85	Muito Bom	Verde Claro
70	Bom	Amarelo
55	Regular	Vermelho Claro
40	Ruim	Vermelho Intermediário
25	Muito Ruim	Vermelho escuro
10	Péssimo	Cinza Escuro
0		

Fonte: adaptado de ASTM (2018)

Depois de realizado o levantamento, para a obtenção do índice  $ICP_{IA}$ , foi preenchida a planilha para o cálculo, como mostra o modelo no Quadro 1, levando em consideração combinações no nível de severidade e extensão dos defeitos.

**Quadro 1** – Planilha para avaliação da condição dos pavimentos

<b>FORMULÁRIO DE CLASSIFICAÇÃO DO PAVIMENTO ASFALTO</b>		
Obs: a classificação 0 indica que o defeito não ocorre		
<b>Defeito</b>	<b>Classificação</b>	<b>Pontuação</b>
Trincas Longitudinais	0-5	
Trincas Longitudinais	0-5	
Trinca em Bloco	0-10	
Trinca por Fadiga	0-10	
Trincas por Retração	0-5	
Trilhas de Roda	0-10	
Corrugação	0-5	
Desintegração	0-5	
Deformação Plástica do Revestimento	0-5	
Buracos	0-10	
Exsudação	0-5	
Agregado Polido	0-5	
Deficiência de Drenagem	0-10	
Avaliação Subjetiva	0-10	

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.8, n.2,2023.

Soma dos defeitos =	
Classificação da Condição =	100 - Soma dos defeitos
Classificação da Condição =	

**Fonte:** adaptado de *Minnesota Asphalt Pavement Association* (2012)

O nível de severidade dos defeitos (baixa, média e alta) foi baseada de acordo com o manual FHWA/SHRP (2014). Já os pesos relativos à extensão dos defeitos foram obtidos segundo Zanchetta (2017): a extensão é baixa caso esteja compreendida entre 0 e 10% da área total do segmento; a extensão será considerada média se estiver entre 11 e 40% e; a extensão é alta se superior a 40%.

Com isso, para a determinação da pontuação dos defeitos, os pesos foram obtidos por meio de julgamentos subjetivos e seguiu-se os critérios de combinação, conforme Tabela 1:

**Tabela 1 – Combinações para extensão e severidade**

Extensão / Severidade	Defeitos com intervalo 0 -5 Pontuação	Defeitos com intervalo 0 - 10 Pontuação
Baixa / Baixa	1	1
Média / Baixa	2	3
Alta / Baixa	3	6
Baixa / Média	2	3
Média / Média	3	6
Alta / Média	4	8
Baixa / Alta	3	6
Média / Alta	4	8
Alta / Alta	5	10

**Fonte:** o próprio autor

Para o preenchimento dos defeitos foi utilizado o banco de dados referente as avaliações realizadas segundo o método do *Pavement Condition Index* (PCI). Nota-se que nem todos os defeitos presentes no ICP<sub>IA</sub> estão descritos no método do PCI, são eles: trincas por retração, deficiência de drenagem e a avaliação subjetiva e por isso uma adaptação nos dados foi necessária.

O critério deficiência de drenagem está associado às declividades transversal e longitudinal da via, as quais desempenham um papel importante na drenagem adequada das águas superficiais. Essas condições podem ocasionar o aparecimento e intensificação de defeitos. Tais critérios foram considerados seguindo mesma influência na condição do pavimento.

Utilizou-se os resultados obtidos no trabalho desenvolvido por Salviatto (2020) em que, cada declividade foi tratada como um subcritério e, portanto, possui um peso específico dentro do critério de drenagem. Para medir a declividade transversal da UA, utilizou-se o aplicativo *Inclinometer*, no qual foram realizadas medições no começo, no meio e no final da unidade, sendo considerado a média dos valores obtidos nas medições. Já para avaliar a declividade longitudinal, foram registradas a extensão longitudinal ao longo das UAs e as cotas topográficas nos pontos inicial e final, sendo o comprimento longitudinal medido no local, enquanto que as cotas foram obtidas através do *software Google Earth*.

Dessa forma, foi necessário considerações quanto a escala de classificação, representada nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2** – Classificação adotada para o critério declividade transversal

Classificação	Declividade Transversal
Maior que 3,00%	7,00
Entre 2,50% e 2,99%	9,00
Entre 2,00% e 2,49%	10,00
Entre 1,50% e 1,99%	8,00
Entre 1,00% e 1,49%	4,00
Entre 0,00% e 0,99%	0,00

**Fonte:** o próprio autor

**Tabela 3** – Classificação adotada para o critério declividade longitudinal

Classificação	Declividade Longitudinal
Maior que 2,00%	10,00
Entre 1,50% e 1,99%	7,50
Entre 1,00% e 1,49%	5,00
Entre 0,00% e 0,99%	0,00

**Fonte:** o próprio autor

Em relação a avaliação subjetiva recorreu-se ao banco de dados das avaliações. Já o defeito trincas por retração não foi levado em consideração.

Para a análise do Índice de Condição Atual do Pavimento, foi utilizado os resultados obtidos por Salviatto (2021), e, as avaliações foram ilustradas em uma escala do ICAP dividida em classificações conforme a escala do PCI.

Ao final, para a comparação entre os índices ICAP e  $ICP_{IA}$ , os dados foram analisados por UAs obtendo-se a correlação entre os dados e a partir disto as pontuações foram classificadas na escala seguindo a classificação do método do PCI.

### **3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste tópico serão apresentados os principais resultados da pesquisa e sua correspondente análise. Com o intuito de possibilitar a visualização dos dados obtidos, as comparações foram representadas em diferentes gráficos e tabelas.

#### **3.1 Análise Comparativa entre os Métodos de Avaliação da Condição dos Pavimentos**

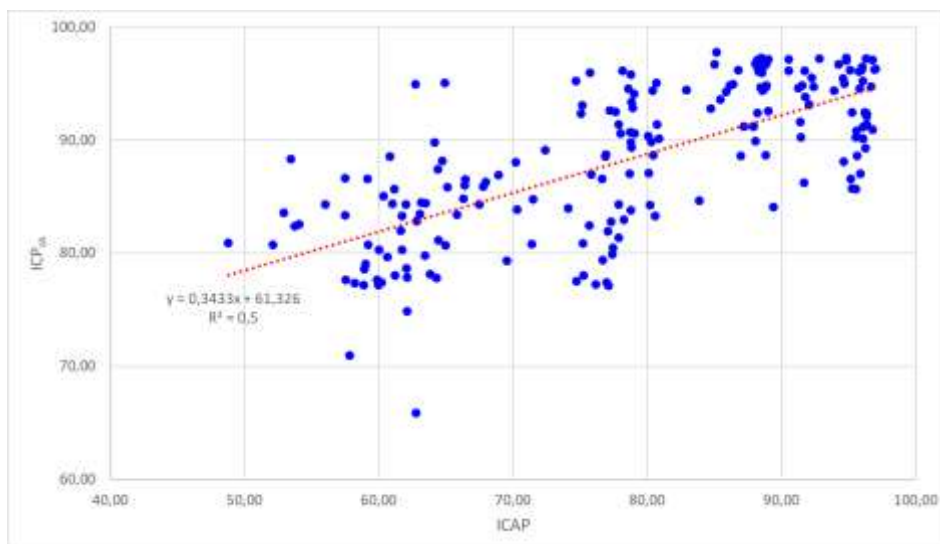
Na Figura 5 são comparados os índices obtidos para as UAs segundo a versão do índice do ICAP e do índice  $ICP_{IA}$ . Já no gráfico da Figura 6 está a correlação geral entre os índices.

**Figura 5** – Comparação dos valores de ICAP e  $ICP_{IA}$  das UAs



Fonte: o próprio autor

Figura 6 – Correlação entre os índices das UAs



Fonte: o próprio autor

É possível observar que, o ICAP e o ICP<sub>IA</sub> tendem a ter valores próximos. Conforme Figura 5, das 199 UAs avaliadas, em 84%, o ICP<sub>IA</sub> apresentou valor superior ao ICAP e em apenas 31 UAs esse valor foi menor,

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.8, n.2,2023.

isso pode ocorrer pelo fato de que o método do ICAP leva em consideração alguns tipos de defeitos que não são considerados no método do ICP<sub>IA</sub>.

Com base nos dados da Figura 6, foi possível calcular o coeficiente de correlação linear como de 0,70, além disso, o gráfico de dispersão mostra que existe correlação positiva moderada entre os índices, indicando que eles se movem na mesma direção, ou seja, quando a nota de um método aumenta a nota do outro método tende a aumentar, porém com alguma variação ou dispersão nos dados, significando que a relação entre as variáveis não é perfeitamente linear. Este fato reforça que os índices ICP<sub>IA</sub> e o ICAP são métodos válidos para a avaliação da condição de pavimentos flexíveis.

Na Tabela 4 são apresentados os números de UAs classificadas com cada conceito por meio do ICAP e do ICP<sub>IA</sub>. As cores da classificação seguem o padrão sugerido na (ASTM, 2018).

**Tabela 4** – Número de UAs por classificação segundo os métodos do ICAP e do ICP<sub>IA</sub>

Classificação	ICAP	ICP <sub>IA</sub>
Excelente 86 - 100	82	126
Muito Boa 71 - 85	58	71
Boa 56 - 70	53	2
Regular 41 - 55	6	0
Ruim 26 - 40	0	0
Muito Ruim 11 - 25	0	0
Péssima 0 - 10	0	0
Total	199	

**Fonte:** o próprio autor

Nota-se que por meio do ICAP, 82 unidades foram classificadas com pontuação “Excelente” (100 a 86 pontos), enquanto, 126 receberam essa classificação no método do ICP<sub>IA</sub>. Já em relação a classificação “Muito Boa” (85 a 71 pontos), 58 e 71 UAs, no ICAP e ICP<sub>IA</sub>, respectivamente. 53 UAs no índice do ICAP e 2 UAs no índice do ICP<sub>IA</sub>, foram classificadas como “Boa” (70 a 56 pontos). Percebe-se também que, 6 UAs apresentaram classificação

“Regular” (55 a 41 pontos) no método do ICAP e nenhuma no ICP<sub>IA</sub>. Em ambos os métodos, nenhuma unidade amostral foi classificada como, “Ruim” (40 a 26 pontos) “Muito Ruim” (25 a 11 pontos) e “Péssima” (10 a 0 pontos).

Portanto, no método do ICAP, 3% das UAs foram avaliadas com notas abaixo de 55 pontos (classificação regular, ruim, muito ruim e péssima), enquanto 97% das notas foram classificadas como “Boa”, “Muito Boa” e “Excelente” e 100% das notas no método ICP<sub>IA</sub> estiverem dentro desta classe.

### 3.2 Análise Comparativa das Estratégias de Intervenção

Para auxiliar esta análise, foi elaborado um gráfico como mostra a Figura 7, com a comparação entre o ICAP e o ICP<sub>IA</sub> por meio da média das UAs apresentadas em cada trecho.

**Figura 7** – Comparação gráfica dos trechos entre o método ICAP e ICP<sub>IA</sub>



**Fonte:** o próprio autor

De acordo com o gráfico apresentado na Figura 7, dos 19 trechos, 14 (A, C, D, E, G, H, I, K, L, N, R1, R2, R3 e R4) apresentam pontuações do índice

ICP<sub>IA</sub> maiores quando comparada com os do índice ICAP, que possuem apenas 5 trechos (B, F, J, M e R5) com notas superiores, sendo que nestes, a diferenças entre as notas não passa de 6 pontos.

Isso mostra que o método do ICAP possui um maior rigor na obtenção das pontuações, pois, apresenta um maior conjunto de defeitos em comparação aos do ICP<sub>IA</sub>.

De acordo com a *Minnesota Asphalt Pavement Association* (MAPA) em seu relatório de 2012, foi indicada uma atividade de intervenção para cada trecho avaliado a partir dos resultados obtidos e seguiu-se a recomendação de escala de classificação descrita.

Em seguida, na Tabela 5 é apresentada as pontuações dos trechos nos índices seguido da correspondente classificação. Já na Tabela 6, estão os números de trechos que receberam a mesma indicação de intervenção.

**Tabela 5** – Notas e classificações equivalentes por trecho dos índices ICAP e ICP<sub>IA</sub> quanto à estratégia de intervenção a ser adotada

Trecho	Pontuação		Estratégia de Intervenção	
	ICAP	ICP <sub>IA</sub>	ICAP	ICP <sub>IA</sub>
A	69,00	84,07	Recapeamento	Manutenção de Rotina
B	98,80	92,53	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina
C	73,17	84,95	Recapeamento	Manutenção de Rotina
D	67,54	81,80	Recapeamento	Manutenção de Rotina
E	88,20	92,74	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina
F	80,89	79,13	Manutenção de Rotina	Recapeamento
G	71,80	81,09	Recapeamento	Manutenção de Rotina
H	81,45	93,28	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina
I	85,00	93,94	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina
J	95,55	93,52	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina
K	65,11	86,89	Recapeamento	Manutenção de Rotina
L	80,89	89,51	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina
M	95,73	94,55	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina
N	61,31	83,55	Recapeamento	Manutenção de Rotina
R1	64,20	85,72	Recapeamento	Manutenção de Rotina
R2	88,42	96,36	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina
R3	74,67	94,78	Recapeamento	Manutenção de Rotina

R4	67,49	74,27	Recapeamento	Recapeamento
R5	94,24	89,34	Manutenção de Rotina	Manutenção de Rotina

**Fonte:** o próprio autor

**Tabela 6** – Número de trechos por classificação segundo os métodos do ICAP e do ICP<sub>IA</sub>

Classificação		ICAP	ICP <sub>IA</sub>
Manutenção de Rotina	80 - 100	10	17
Recapeamento	30 - 79	9	2
Reconstrução	0 - 29	0	0
Total		19	

**Fonte:** o próprio autor

Por meio dos resultados nota-se que o maior número de indicações iguais foi o de manutenção de rotina em ambos os índices, na qual 17 dos 19 trechos receberam a mesma indicação no ICP<sub>IA</sub> e 10 no ICAP. 11% dos trechos avaliados pelo ICP<sub>IA</sub> necessitam da atividade de recapeamento já no ICAP equivale a 47% dos trechos.

Percebe-se que foi obtida uma correspondência entre as intervenções indicadas por ambos os índices, na atividade de reconstrução, visto que, nenhum dos trechos apontou a necessidade desta atividade.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, na comparação dos resultados obtidos pelo ICP<sub>IA</sub> com o ICAP, pôde-se observar que os valores nas 199 UAs apresentaram resultados semelhantes. Relacionando estatisticamente os índices concluiu-se que ao compará-los foi possível notar uma correlação satisfatória, indicando que há associação entre os dois métodos. Em algumas UAs houve uma diferença entre as pontuações, em grande parte das UAs o ICP<sub>IA</sub> obteve valores mais elevados que o ICAP.

No que se refere as estratégias de intervenção, essa diferença nas pontuações não foi significativa, já que na comparação dos índices, quase 90%

dos trechos receberem a mesma classificação da condição da superfície do pavimento.

Com base em todos os resultados, foi constatado que tanto o ICP<sub>IA</sub> quanto o ICAP são efetivos e práticos para avaliar a condição do pavimento, representando uma ferramenta confiável e de priorização para a avaliação da condição da superfície de pavimentos flexíveis urbanos, sendo apropriado para ser utilizado por gestores públicos.

## REFERÊNCIAS

AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Design of Pavement Structures**. Washington, D.C., 1993

ASPHALT INSTITUTE. **A Pavement Rating System for Low-Volume Asphalt Roads**. Information Series No. 169 (IS-169), Lexington, KY, 1981.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D6433-18: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys**. 2018.

BERTOLLO, S. A. M. **Considerações Sobre a Gerência de Pavimentos Urbanos em Nível de Rede**. 1997. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 1997.

CHAMORRO, A., TIGHE, S. L., LI, N., & KAZMIEROWSKI, T. J. Development of Distress Guidelines and Condition Rating to Improve Network Management in Ontario, Canada. **Transportation Research Record**, v. 1, n. 2093, p. 128–135, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3141/2093-15>.

CHEN, X. et al. URMS: Graphical Urban Roadway Management System at Network Level. **Transportation Research Record** 1397. TRB. National Research Council. Washington, D.C., p. 103-111. 1993.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Procedimento - DNIT-006/2003 PRO**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Procedimento - DNIT-009/2003 PRO**. Rio de Janeiro, 2003.

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.8, n.2,2023.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Pub. IPR-745. Rio de Janeiro, 2011.

FERNANDES JR., J.L. **Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos para Cidades de Médio Porte**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2001.

IGNÁCIO, L.F.S.; PEREIRA, L.A.; PALMA, L.C.R.; SILVA JÚNIOR, C.A.P.; FONTENELE, H.B. **Análise da Estabilidade de uma Escala Visual na Avaliação de Pavimentos**. 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET. Gramado, Rio Grande do Sul, 2018.

KHEDR, S. A.; EL DIMEERY, I. A. Pavement Management System for Provinces in Developing Countries: Implementation in Fayoum, Egypt. **Transportation Research Record** 1455. 1455. TRB. National Research Council. Washington, D.C., p. 101-110. 1994

MINNESOTA ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION. **A Pavement Rating System for Asphalt Pavement**. Minnesota, EUA. 2012. Disponível em: <https://cdn.ymaws.com/www.asphaltisbest.com/resource/resmgr/resources-engineering/apavement-rating-system.pdf>.

PAEZ, E. M. A. **Índice de Condição do Pavimento (ICP) para Aplicação em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 2015.

PEREIRA, L. A. **Escala Visual: Uma Ferramenta para a Avaliação da Condição da Superfície de Pavimentos Urbanos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

SANTOS, A.C.S. DOS. **Desenvolvimento de um índice Simplificado de Priorização para a Manutenção de Vias Urbanas**. 118 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

SALVIATTO, V. H. **Ferramenta de Avaliação da Condição de Pavimentos Flexíveis Urbanos Baseada em uma Análise Multicritério**. 120 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

SALVIATTO, V. H.; LOURO, T. V.; NERI, T. B.; SOUZA, B. Z. DE; WOJAHN, R. E.; TOMA, W.; MERLO, P.; FONTENELE, H. B. Índice de avaliação da condição de pavimentos flexíveis urbanos. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. p. 1–10, 2020. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/14895>.

SALVIATTO, V. H.; SILVA JUNIOR, C. P.; FONTENELE, H. B. Avaliação da **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Paranaguá, PR, v.8, n.2,2023.

condição de pavimentos flexíveis urbanos baseada no conforto, defeitos e volume de tráfego. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES - ANPET, 2019, Balneário Camboriú. **Anais [...]**. p. 12.

FHWA/SHRP - STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM. **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program**. National Academy of Science. Washington, D.C, 2014.

ZANCHETTA, F. **Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, Modelo de Desempenho e Análise Econômica**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.