

ANÁLISE DA MATRIZ DE VALORES FIXOS PARA CLASSIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS

Analysis of the Fixed-Values Matrix for urban flexible pavements condition rating

Kelly Haura Rodrigues Costa ¹, Vitor Hugo Salviatto ²,
Carlos Alberto Prado da Silva Junior ³, Heliana Barbosa Fontenele ⁴



PALAVRAS CHAVE:

Índice de condição;
Avaliação objetiva;
Sistema de Gerência de pavimentos;
Defeitos;
Matriz de valores fixos;

KEYWORDS:

Condition index;
Objective evaluation;
Pavement Management System;
Distresses;
Fixed Values Matrix.

RESUMO: A destinação de recursos para a manutenção da malha viária nacional mostra-se desproporcional à quantidade de veículos colocados diariamente nas vias, o que resulta em pavimentos em péssimas condições. Assim, faz-se necessária a adoção de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos compostos por métodos de avaliação práticos para a obtenção das condições das vias. Este trabalho tem como objetivo analisar o emprego do método das Matrizes de Valores Fixos comparando-o com outros métodos objetivo e subjetivo na avaliação da condição de pavimentos flexíveis urbanos. Para isso, foi utilizado um banco de dados de avaliações subjetivas e objetivas executadas nos anos de 2017 e 2018 na malha viária de um campus universitário. Para verificar a aplicabilidade do índice foram realizadas análises gráficas e testes de correlação entre os resultados obtidos por meio das Matrizes de Valores Fixos, do Valor de Serventia Atual e do *Pavement Condition Index*. A partir das primeiras comparações foi verificado que a matriz é um método menos rigoroso que os demais. Nos testes de correlação, os altos índices obtidos indicaram uma mesma tendência entre os métodos, além de que há coerência nos índices obtidos pela matriz. Concluiu-se que o método da Matriz de Valores Fixos pode ser utilizado na avaliação das condições de pavimentos flexíveis urbanos, tendo em vista sua praticidade de aplicação e obtenção de resultados coerentes e satisfatórios.

ABSTRACT: *The allocation of resources for the maintenance of the national road network is disproportionate to the number of vehicles placed on the roads daily, which results in pavements in poor condition. Thus, it is necessary to adopt Urban Pavement Management Systems composed of practical assessment methods to obtain road conditions. This study aims to analyze the use of the Fixed Values Matrices method comparing it with other objective and subjective methods in evaluating the condition of urban flexible pavements. For this, a database of subjective and objective assessments carried out in 2017 and 2018 on the road networks of a university campus was used. To verify the applicability of the index, graphical analyzes and correlation tests were performed between the results obtained through the Fixed Value Matrices, the Present Serviceability Rating, and the Pavement Condition Index. From the first comparisons, it was verified that the matrix is a less rigorous method than the others. In the correlation tests, the high indices obtained indicated the same trend between the methods, in addition to the consistency of the indices obtained by the matrix. It was concluded that the Fixed Values Matrix method can be used to evaluate the conditions of urban flexible pavements, given its practicality of application and obtaining coherent and satisfactory results.*

* Contato com os autores:

¹ e-mail: Kelly.haura.rodrigues@uel.br (K. H. R. Costa)

Aluna de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

² e-mail: vitor.salviatto@uel.br (V.H. Salviatto)

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).

³ e-mail: cprado@uel.br (C. A. P. da. Silva Junior)

Engenheiro Civil, Doutor, Professor, Universidade Estadual de Londrina (UEL).

⁴ e-mail: heliana@uel.br (H. B. Fontenele)

Engenheira Civil, Doutora, Professora, Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Publicado em 27 de dezembro de 2022

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução da indústria automobilística e o incentivo a aquisição de veículos individuais nas últimas décadas teve-se um aumento acentuado no tráfego de veículos nas vias urbanas. Entretanto, o investimento na área de infraestrutura não acompanhou este crescimento, o que resultou na deterioração e um conseqüente declínio na condição da malha viária nacional.

São inúmeros os trabalhos em que a condição ruim dos pavimentos brasileiros foi destacada. Em um estudo a respeito do gerenciamento das estradas do nordeste brasileiro, Albuquerque (2007) realizou um diagnóstico da condição superficial das vias por meio de um banco de dados fornecido pelo órgão rodoviário responsável pela manutenção dos trechos, no qual foi verificado que as condições dos pavimentos da malha viária de Paraíba são ruins. Na cidade de Joinville, Região Sul do Brasil, Matos (2004) em sua pesquisa avaliou por amostragem as condições dos pavimentos urbanos do município, e verificou que estes variam entre regular e ruim. Já no estudo de caso de Martins (2018) realizado no município de Santa Maria/RS, dos 206 seguimentos analisados, cerca de 62% foram classificados com o conceito ruim, 26% como o conceito regular, 10% com o conceito bom e 5% com o conceito excelente. Na região norte do país, Pinto Filho (2013) identificou as condições estruturais e funcionais das principais vias de Manaus, onde obteve vias classificadas com os conceitos que vão de regular a ruim.

Para contornar essa situação, surge a necessidade da implementação de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU). Um SGPU é formado por um conjunto de ferramentas e métodos que agem em etapas como o planejamento, projeto, execução e manutenção das vias e que visam prolongar a vida útil do pavimento com menor custo aos cofres públicos (Neto *et al.*, 2019). De acordo com Swei *et al.* (2016), os SGPUs são instrumentos que permitem aos tomadores de decisão escolher as melhores estratégias para reabilitação com destinação correta dos recursos disponíveis.

A avaliação da condição do pavimento, de acordo Haas e Hudson (1978), consiste na principal etapa de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), pois a partir dela é que são conhecidas as reais condições da superfície dos pavimentos. Entretanto, segundo Bektas, Smadi e Nlenanya (2015), a avaliação da condição também é a etapa que detém as maiores despesas, sendo necessário a escolha correta de avaliação que melhor se adéque aos objetivos e recursos disponíveis. Para Danieleski (2004), para que um SGPU seja eficiente é preciso que se tenha a disponibilidade de instrumentos de avaliação que forneçam dados válidos a baixo custo e que, quando aplicados no sistema, irão gerar dados concretos para a localização de vias que carecem de manutenção e reabilitação.

Entre os tipos de avaliações existentes, encontram-se as avaliações subjetivas e objetivas. As avaliações subjetivas consistem em avaliar a suavidade e conforto ao rolamento de um seguimento de pavimento com base na opinião de um grupo de usuários treinados mediante a escalas apropriadas (Carey e Irick, 1960). Já as avaliações objetivas equivalem a um levantamento de defeitos superficiais do pavimento, conferindo valores numéricos, para a classificação geral da superfície (Schiavon, 2017).

Em virtude da complexidade de execução e o alto custo de alguns métodos de avaliação objetiva, surgiu a necessidade de estudos para a elaboração e validação de métodos nos quais sua obtenção se dê de forma mais prática, econômica e confiável. Portanto, o objetivo deste estudo foi, a partir da comparação com outros métodos objetivo e subjetivo, analisar a confiabilidade do método das Matrizes de Valores Fixos (MVF) na avaliação da condição de pavimentos flexíveis urbanos, a fim de validar o seu uso em um SGP.

2. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS

Um SGP de acordo com Haas, Hudson e Zaniewski (1994), é um conjunto de instrumentos e técnicas que auxiliam os gestores nas tomadas de decisões, a fim de otimizar recursos disponíveis por meio da integração das atividades de planejamento, projeto, execução e avaliação com um banco de dados alimentado periodicamente. Para Fernandes Júnior (2001) o SGP tem o objetivo de gerenciar todas as atividades em nível de projeto e rede para garantir retorno de investimentos, pavimentos seguros, confortáveis e econômicos para os usuários, com custo de manutenção e de operação dos veículos mais baixos.

Um SGP deve ser composto pelo inventário (coleta e organização de dados para análises, que podem ser mapas das vias, tipo de pavimento, volume de tráfego, índice de condição do pavimento, histórico de manutenções, entre outros), pela análise técnica (o que deve ser medido, o tipo de avaliação, equipamentos e recursos a serem utilizados), modelos de desempenho (integrantes das ações de gestão, representam a condição do pavimento, preveem condições futuras, otimizam a combinação de projetos de manutenção e reabilitação (M&R), indicam o tempo para as intervenções, etc.), estratégias de manutenção (atividades que devem ser exercidas para assegurar a boa condição, conforto e segurança, os índices que devem ser analisados para auxiliar nas decisões), análise econômica (escolha do programa, análises de custos e eficácia dado a cada cenário e as taxas monetárias) e, por fim, a priorização e otimização (identificam quais os segmentos que necessitam de intervenção, levando em conta os custos e benefícios associados)(Albuquerque, 2017).

Todos os conceitos referentes ao SGP podem ser aplicados para um SGPU. No entanto, é importante salientar que existem algumas particularidades no sistema viário urbano (Silva *et al*, 2020). De acordo com Danieleski (2004), nas áreas urbanas tem-se uma elevada quantidade de interseções (áreas com frenagens e acelerações frequentes), infraestruturas públicas que ocorrem juntamente às vias (sistemas de água, esgoto, gás, telefonia, etc.), segregação de tráfego (faixas exclusivas para ônibus), trânsito de pedestres, vegetações próximas às bordas das vias, entre outros fatores que em conjunto podem colaborar para o agravamento das condições dos pavimentos.

Os SGPU além de seguir os conceitos básicos, devem considerar, de acordo com Páez, Lopes e Fernandes Junior (2015), as condições particulares de projeto, materiais, técnicas de execução, controle de qualidade e as gestões nas atividades de manutenção e reabilitação do município onde é implantado. Diante disso, mostra-se a importância das escolhas de métodos que quantifiquem as condições de pavimentos e realizem as combinações de defeitos encontrados. Os autores ainda complementam que as avaliações não precisam ser realizadas por sofisticados métodos, mas sim por meio de ferramentas práticas e confiáveis.

Na literatura é possível encontrar trabalhos que relatam os benefícios gerados após a implantação de SGPU. No trabalho de Oliveira (2013) foi relatado a experiência da cidade de Anápolis-GO, que deu início a processos licitatórios para obras de manutenção preventivas, que anteriormente se limitavam aos “tapaburacos” e recapeamentos, além de estímulos para desenvolvimento de pesquisas no campo da pavimentação e a integração com outros setores que utilizam o sistema viário. Já no Distrito Federal, de acordo com Zanchetta (2017) houve uma grande redução de custos referentes as atividades adotadas pelo SGPU.

Devido às cargas providas do fluxo de veículos e as intempéries, os pavimentos constituintes da malha viária permanecem em constante processo de deterioração. Avaliações periódicas são essenciais para identificar a atual condição da superfície e abastecer o banco de dados de um SGPU (Neto *et al*, 2019). De acordo com Pereira (2019), as condições das superfícies de pavimentos são indicadores pertinentes para a verificação das vias e se estas estão proporcionando conforto, segurança e economia aos usuários, além

de muita importância para a alocação de recursos públicos e preservação dos pavimentos, uma vez que quando se tem pavimentos com melhores desempenhos, menores são os investimentos em manutenção. A coleta de dados sobre as condições de pavimentos, podem ser realizadas, de acordo com Carey e Irick (1960) por meio de avaliações subjetivas e objetivas.

2.1 AVALIAÇÕES SUBJETIVAS

Os primeiros estudos a respeito deste tipo de avaliação ocorreram na década de 1950 nos Estados Unidos, onde a *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) desenvolveu o *Present Serviceability Rating* (PSR), método que quantifica o nível de serventia do pavimento por meio da opinião de usuários (Carey e Irick, 1960). No Brasil, o PSR equivale ao Valor de Serventia Atual (VSA), cujo procedimento é dado em DNIT (2003). De acordo com a norma, o VSA é obtido a partir da média aritmética das notas atribuídas por 5 avaliadores que trafegam em um veículo sobre a via e expressam suas opiniões quanto a suavidade e conforto. As notas atribuídas pelos avaliadores aos pavimentos podem variar entre 0 a 5 (condição péssima a ótima, respectivamente).

Vários estudos foram realizados a partir do uso de uma avaliação subjetiva, como, por exemplo, o trabalho de Shah *et al.* (2013). Neste trabalho, os autores, avaliaram as condições de 21 seções de vias da cidade de Noida, Índia a partir de avaliações subjetivas, onde os avaliadores classificaram as vias de acordo com suas opiniões sobre o conforto proporcionado pelo pavimento. Através de análises estatísticas dos dados coletados os pesquisadores concluíram que o método é válido e aplicável na representação da condição de pavimentos urbanos. No Brasil, Silva *et al.* (2020) realizaram análises comparativas e testes de correlação entre diferentes índices para verificar a sua adequação ao SGPU. A partir de dados de avaliações subjetivas e objetivas realizadas por caminhamento em um campus universitário, os autores concluíram que não houve semelhanças entre os índices por conta dos diferentes métodos de avaliação, mas que o índice subjetivo pode ser utilizado na classificação da condição de superfície de pavimentos flexíveis por não apresentar grandes dispersões entre as notas de cada avaliador. Para a cidade de Ribeirão Preto, Schiavon (2017) avaliou condições de trechos da cidade a partir de avaliações subjetivas e objetivas, baseado no método indicado em DNIT (2003). A partir das classificações obtidas em cada trecho o autor concluiu que a avaliação subjetiva foi menos crítica que a objetiva, pois alguns defeitos das vias não são perceptíveis ao usuário como as trincas.

Embora as avaliações subjetivas sejam métodos mais práticos e de baixo custo, Folco *et al.* (2020) alertam que estas podem não representar fielmente as reais condições dos pavimentos devido aos diferentes referenciais que cada avaliador possui de pavimentos em bom ou péssimo estado. Além disso, há ainda a possibilidade de ocorrerem erros sistemáticos (erros associados a fatores psicológicos devido a subjetividade da avaliação).

Com o intuito de reduzir a interferência dos diferentes referenciais de condição de pavimento entre os avaliadores, foram desenvolvidas ferramentas, como as escalas visuais, que servem como referenciais para auxiliar na classificação da condição de pavimentos. Hartgen *et al.* (1982), juntamente com o departamento de transportes de Nova York, realizaram pesquisas para o desenvolvimento de escalas visuais. Na década de 80 surgiam preocupações como a deterioração das vias da cidade, o aumento do tráfego de veículos e a falta de recursos para realização de manutenções dos pavimentos, assim, o objetivo da pesquisa foi propor um método rápido, confiável e com menor custo. No estudo foram submetidas 50 fotografias de vias da cidade a 8 especialistas da área de transportes para classificação da superfície levando em conta condições de rolamento. A avaliação das fotografias contou com uma escala numérica de 0 (péssimo) a 10 (excelente). Posteriormente a partir de análises criou-se um grupo de imagens representativas de cada intervalo da escala de valores.

No Brasil, com procedimentos semelhantes aos adotados por Hartgen *et al.* (1982), Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) elaboram uma escala visual para a classificação de pavimentos urbanos com o objetivo de obter uma ferramenta prática para auxiliar os avaliadores na classificação das vias. A escala visual desenvolvida pelos autores (Figura 1) foi composta por cinco intervalos de classificação (péssimo, ruim, regular, boa e ótima), as quais são representadas por duas fotografias cada. A escala de notas varia entre 0 e 10 pontos.



FIGURA 1: Escala visual

FONTE: Adaptado de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013).

Posteriormente, Pereira (2019) identificou a necessidade de se fazer alguns ajustes na escala desenvolvida por Oliveira, Silva Junior e Fontenele (2013). O autor substituiu algumas das fotografias originais, alterou a escala para variar de 0 a 100 pontos e utilizou valores inteiros, além de alterar o conceito de “ótimo” para “excelente”. A Escala Visual Ajustada é apresentada na Figura 2.



FIGURA 2: Escala visual ajustada

FONTE: Adaptado de Pereira (2019).

Para identificar as possíveis deficiências na escala de Oliveira, Silva Junior e Fontenele (2013), o autor realizou análises dos valores de desvio padrão e coeficientes de variação de cada unidade avaliada com a escala visual e constatou que os intervalos boa, regular e ruim apresentaram as maiores porcentagens de unidades com desvio e coeficiente de variação acima do aceitável (10% e 15% da escala numérica, respectivamente), indicando a necessidade de ajustes na escala. No geral estes valores segundo o autor podem ser justificados pela proximidade de nota entre as duas fotografias de cada intervalo e pela presença de sombras isoladas que atrapalham a visualização por parte do avaliador. Já a escala numérica foi alterada com a finalidade de facilitar as comparações com métodos objetivos.

2.2 AVALIAÇÕES OBJETIVAS

As avaliações objetivas podem ser definidas como o levantamento de defeitos na superfície do pavimento quanto ao seu tipo, severidade e densidade. Este tipo de avaliação fornece um detalhamento das condições, com informações que não são diretamente obtidas na avaliação subjetiva (Albuquerque, 2017).

Um método de avaliação objetivo muito utilizado ao redor do mundo é o *Pavement Condition Index* (PCI), método desenvolvido por um conjunto de engenheiros do exército estadunidense (USACE) financiados pela Força Aérea dos Estados Unidos (U.S. Air Force). Criado inicialmente com o intuito de avaliar pavimentos de aeroportos, logo verificou-se a aplicabilidade e expandiu-se para a avaliação de pavimentos urbanos (Leite e Silva, 2013).

O método consiste em um índice numérico que varia de 0 a 100, na qual o valor zero representa um pavimento em péssimo estado e 100 representa um pavimento em condição excelente. O PCI considera 20 tipos de defeitos e cada combinação de tipo, severidade e extensão corresponde a um valor de dedução. Posteriormente, de acordo com os procedimentos descritos na ASTM (2018), é encontrado o valor de dedução corrigido (CDV). Assim, o PCI é obtido através da Equação 1.

$$PCI = 100 - CDV \quad \text{Eq. [1]}$$

Após a obtenção do PCI é feita a classificação do pavimento de acordo com a Tabela 1 apresentada.

TABELA 1 – Escala de classificação do PCI	
PCI	Classificação
100 - 86	Excelente
85 - 71	Muito bom
70 - 56	Bom
55 - 41	Regular
40 - 26	Ruim
25 - 11	Muito ruim
10 - 0	Péssimo

FONTE: Adaptado de ASTM (2018).

No entanto, apesar de ser considerado um método completo, o PCI possui procedimento de obtenção dos dados e cálculo complexos devido ao seu nível de detalhamento e a quantidade de defeitos considerados, o que exige mais quantidade de tempo e avaliadores (Silva *et al.*, 2020).

Diante da complexidade dos métodos objetivos de avaliação da condição de pavimentos, foram realizados estudos na tentativa de desenvolver métodos mais práticos. No trabalho de Albuquerque (2017) foi desenvolvido o Índice de Condição de Pavimentos Urbanos de João Pessoa (ICPU_{JP}) para avaliar os pavimentos da malha viária da capital paraibana. O ICPU_{JP} é obtido por meio de avaliações objetivas, na qual são considerados apenas seis defeitos (trinca por fadiga, remendo, panela, deformação permanente, desgaste e agregado polido) escolhidos com base em análises estatísticas. Para a validação do índice, o autor comparou os seus valores com o VSA. Verificou que os resultados do ICPU_{JP} foram os que mais se aproximaram dos resultados do VSA quando comparados com outros métodos de avaliação objetiva. Com isso, o autor conclui que o método é válido para a realização da avaliação da condição de pavimentos.

Outro método desenvolvido com o intuito de reduzir a subjetividade, diminuir o consumo de tempo e recursos e aumentar a produtividade foi o de Zanchetta (2017). O método se baseia em uma Matriz de Valores Fixos (MVF) que considera apenas cinco tipos de defeitos: remendos, trincas por fadiga, panelas, deformação permanente e desgaste. A seleção destes defeitos foi embasada na pesquisa realizada no município de São Carlos/SP por Zanchetta (2005), onde estes defeitos apresentaram maior ocorrência

na malha viária avaliada. A fim de uniformizar os valores de dedução, o autor estabeleceu valores fixos para cada combinação de extensão e severidade dos defeitos. O Quadro 1 apresenta a MVF.

QUADRO 1: Matriz de Valores Fixos				
		Severidade		
		B	M	A
Extensão	B	1	5	11
	M	5	11	15
	A	11	15	20

Legenda: B = baixa; M = média e A = alta.

FONTE: Adaptado de Zanchetta (2017).

Na MVF, o Índice de Condição de Pavimentos (ICP) é obtido a partir da combinação de tipo, severidade e extensão de cada defeito que equivalem a pontos deduzidos (PD), que após somados são subtraídos de 100, conforme a Equação 2. A soma nos pontos deduzidos de cada defeito não ultrapassa 20 pontos, pois na pior condição o somatório dos PD resultará em um ICP igual a 0.

$$ICP = 100 - PD \quad \text{Eq. [2]}$$

As extensões e severidades dos defeitos podem ser classificadas como Baixa (B), Média (M) ou Alta (A). A obtenção da severidade do defeito segue a definição do manual SHRP (1993). Já a extensão é estabelecida pela relação entre a área do defeito e a área total do seguimento avaliado. Para uma relação de 0 e 10%, a extensão do defeito é considerada B, de 11% a 40% é considerada M e acima de 40% a extensão é A (Zanchetta, 2017).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Nesta pesquisa foram utilizados dados a respeito da condição do pavimento da rede viária de um campus universitário obtidos por meio de avaliações objetivas e subjetivas durante os anos de 2017 e 2018. Este local foi escolhido por se assemelhar com uma cidade de pequeno porte, cuja malha viária é composta por pavimentos de diferentes condições, volumes e características de tráfego e geometria. Ao todo, foram avaliados aproximadamente 7500 metros de vias.

Para facilitar a coleta, registro e a análise dos dados, a malha viária do campus foi dividida em 19 trechos (Figura 3). Os trechos foram ainda divididos em seções e estas em Unidades Amostrais (UAs) com a largura de uma faixa de rolamento e comprimentos variáveis, de modo que a área de cada UA estivesse compreendida entre 135 e 315 m², conforme indicado na ASTM (2016) e ASTM (2018). Desse modo, o campus foi dividido em 199 UA.

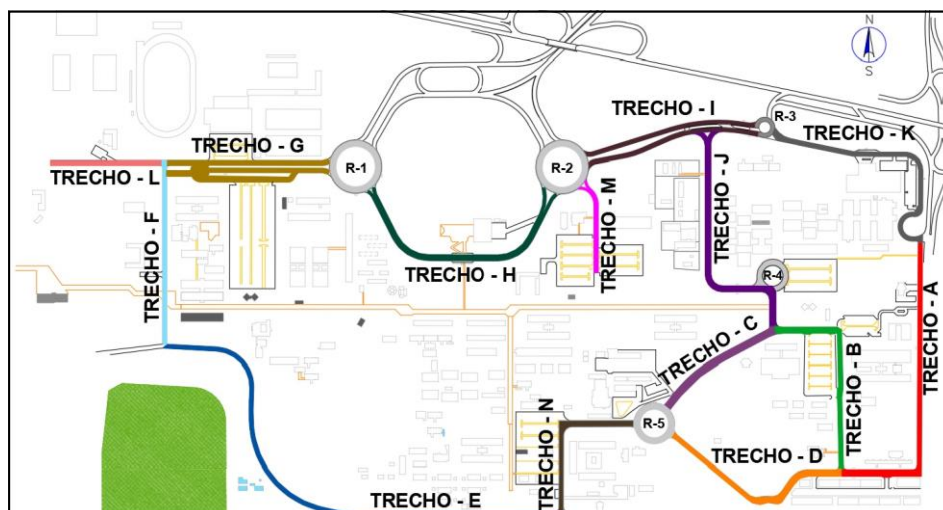


FIGURA 3: Divisão do campus em trechos.

FONTE: Adaptado de Ignácio *et al.* (2018).

Tanto no ano de 2017 como no ano de 2018 foi realizada uma avaliação subjetiva da condição funcional dos pavimentos do campus. A avaliação foi baseada na norma DNIT 009/2003 – PRO (DNIT, 2003). Entretanto, algumas adaptações foram necessárias para que o objetivo da pesquisa pudesse ser atendido, como, por exemplo, a quantidade de avaliadores adotados no painel, o uso de uma escala de fotos para servir de referência, realização por meio de caminhada sobre a via e ajuste da escala de notas, passando ser de 0 a 100. Assim, alunos de engenharia civil avaliaram o conforto e a suavidade proporcionado pelo pavimento de acordo com suas percepções.

Para isso, os alunos foram divididos em dois painéis. Os avaliadores do primeiro painel, denominado como Painel_{Info_básico}, receberam apenas instruções básicas de realização da avaliação, como: não existe classificação certa ou errada, a classificação deve levar em conta apenas a condição atual do pavimento, cada trecho deve ser avaliado de maneira individual com formulários próprios e sem a identificação do avaliador, não pode ocorrer troca de informações entre os avaliadores, não considerar notas atribuídas anteriormente, entre outras. Já os avaliadores do segundo painel, denominado como Painel_{Escala_visual}, receberam, além das informações básicas, uma escala visual para auxiliar na classificação das condições do pavimento. No ano de 2017 foi utilizada a escala visual elaborada por Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013), enquanto no ano de 2018 foi utilizada a escala ajustada de Pereira (2019).

Ambos os painéis foram compostos por 7 integrantes no ano de 2017 e 6 integrantes no ano de 2018, totalizando 14 e 12 avaliadores, respectivamente. Os avaliadores julgaram a condição do pavimento com notas de 0 (péssima condição) à 100 (excelente condição). A nota média dos integrantes de cada painel foi tomada como a nota da UA, e, uma vez que os trechos eram compostos por várias UAs, a nota média das UAs foi tomada como a nota representativa da condição do trecho.

Após as avaliações subjetivas foi realizada uma avaliação objetiva da condição dos pavimentos baseada nos procedimentos do *Pavement Condition Index* (PCI) dado na ASTM (2016), em 2017 e ASTM (2018) em 2018. Por meio de caminhada foram levantados os tipos, as severidades e as extensões dos defeitos observados nos pavimentos do campus. Assim como nas avaliações subjetivas, o PCI médio das UAs foi tomado como o PCI representativo dos trechos.

Os dados levantados por meio do método do PCI foram ainda utilizados para obter um índice de condição de pavimento baseado na Matriz de Valores Fixos (MVF) dado em Zanchetta (2017). Devido às diferenças entre os métodos quanto a nomenclatura e análise dos defeitos, foi necessário realizar algumas adaptações nos dados do PCI. Primeiramente, o defeito Desgaste, presente no método das MVF, foi considerado como equivalente ao defeito Desintegração, presente no método do PCI. Essa decisão foi

tomada, pois a definição do defeito Desintegração, dada em ASTM (2016) e ASTM (2018), corresponde a 2/3 da definição do defeito Desgaste dada no manual SHRP (1993), utilizado por Zanchetta (2017). Outra adaptação foi em relação ao defeito Painela, na MVF a extensão do defeito é dada pela relação entre a área total das painelas pela área total da unidade avaliada, porém foi adotado o procedimento do PCI em que a extensão do defeito Painela é obtida por meio da relação entre o número de ocorrência sobre a área total do seguimento analisado.

Para possibilitar a comparação entre os métodos, as escalas das avaliações subjetivas e das MVF foram divididas de acordo com a classificação sugerida para o método do PCI, no qual são indicadas classificações que variam de “Péssima” a “Excelente” para a condição do pavimento conforme intervalo de valores indicado na ASTM (2016) e ASTM (2018).

A partir dos dados obtidos nos anos de 2017 e 2018, foi realizado a comparação entre os métodos por meio de uma análise gráfica das classificações atribuídas à condição dos trechos. Na sequência foram realizados testes de correlação entre os valores obtidos por meio das MVF e dos demais métodos a fim de verificar a aplicabilidade da MVF na avaliação da condição de pavimentos flexíveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados, primeiramente, os resultados referentes às avaliações realizadas no ano de 2017 e, posteriormente, os resultados referentes às avaliações do ano de 2018. Na Figura 4 são apresentados os valores (Índice de Condição de Pavimento – ICP) obtidos para a condição dos pavimentos dos trechos avaliados por meio das avaliações subjetivas dos *Painel_{Info_básico}* e *Painel_{Escala_visual}*, do método das MVF e do PCI em 2017, bem como suas respectivas classificações. A ordem dos trechos apresentados no gráfico segue a mesma sequência de avaliação em campo.

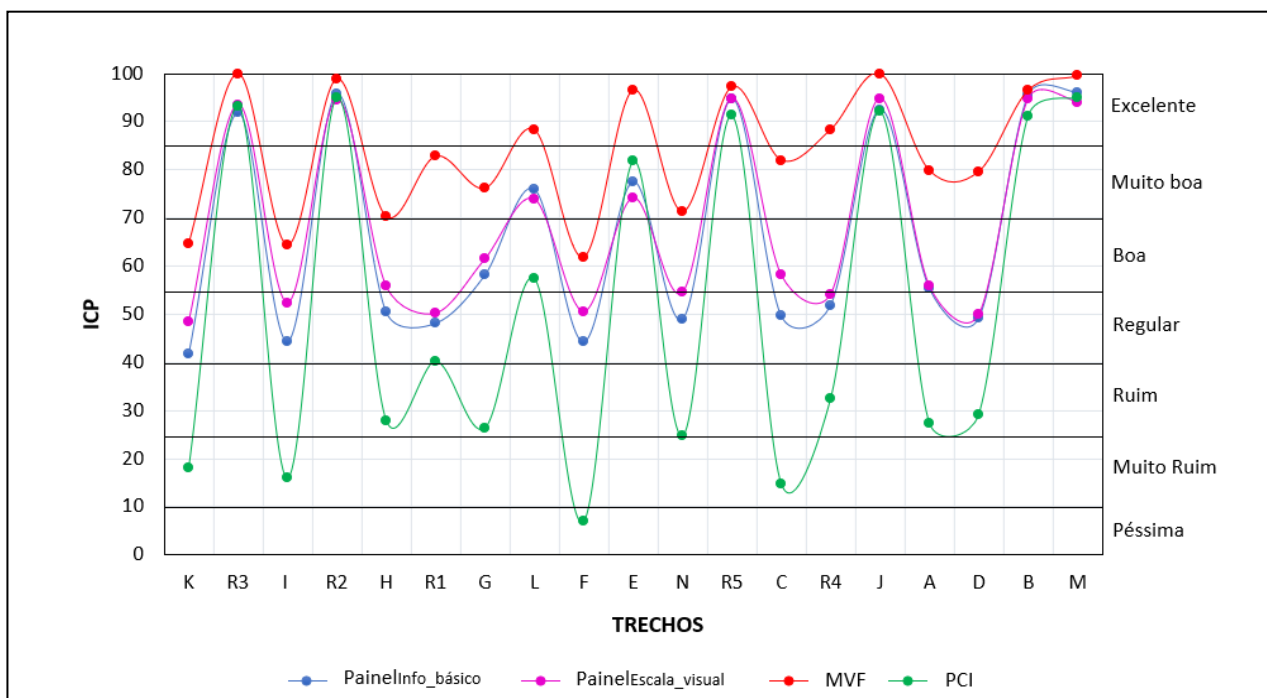


FIGURA 4: ICP dos trechos obtido por meio das avaliações subjetivas, MVF e PCI no ano de 2017.

FONTE: Autoria Própria.

Nota-se que, em geral, os trechos apresentaram classificações melhores para a condição de seu pavimento quando avaliados por meio da MVF em comparação com os demais métodos. Desse modo, a

MVF apresentou-se como um método menos rígido entre os métodos utilizados. Este fato pode ter ocorrido devido ao menor número de defeitos considerados pelo método na comparação com o PCI e pela limitação de 20 pontos deduzidos de cada defeito que acabou por amenizar a real condição de alguns dos trechos. Quanto às avaliações subjetivas, os avaliadores expressaram, a partir das notas dadas, a sua percepção quanto ao provável conforto e a suavidade de rolamento proporcionado pelo pavimento em função do estado de sua superfície.

Os métodos assemelharam-se quando os pavimentos apresentaram melhores condições e diferiram quando as condições dos pavimentos eram mais críticas. Em 6 trechos (R3, R2, R5, J, B e M) dos 19 avaliados, os resultados obtidos por meio das quatro avaliações apresentaram valores próximos e foram avaliados com a condição Excelente.

Em relação às médias das notas atribuídas subjetivamente pelos avaliadores têm-se que estas, de uma forma geral, foram menos críticas que o PCI. Em concordância com as análises de Pereira (2019), as notas do Painel_{info_básico} foram inferiores às do Painel_{escala_visual}, ou seja, as avaliações sem o uso da escala visual foram mais pessimistas. Isto pode estar associado à falta de uma mesma referência aos avaliadores de pavimentos em diferentes condições. No entanto, ambas avaliações subjetivas foram mais rígidas do que a MVF uma vez que sete trechos foram avaliados com condição Regular pelo Painel_{escala_visual}, nove pelo Painel_{info_básico} e nenhum por meio das MVF.

Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes de correlações entre as notas dadas à condição das 199 UAs por meio do método das MVF e dos demais métodos.

TABELA 2: Coeficientes de correlação entre o MVF e os demais métodos no ano de 2017.

	Painel _{escala_visual}	Painel _{info_básico}	PCI
MVF	0,75	0,79	0,84

FONTE: Autoria Própria.

Observa-se que a correlação entre a MVF e a avaliação subjetiva realizada pelo Painel_{info_básico} foi maior que a correlação entre a MVF e a avaliação subjetiva realizada pelo Painel_{escala_visual}. Entretanto, ambas as correlações foram classificadas como fortes. Já a correlação entre os dois métodos objetivos foi de 0,84, valor maior que a correlação com as avaliações subjetivas. Essa maior correlação pode estar associada a existência de defeitos que são considerados por ambos os métodos objetivos e que, na percepção dos avaliadores, não influenciam no conforto e suavidade ao rolamento proporcionado pelo pavimento.

Com essa forte correlação nota-se que há uma dependência linear entre as avaliações. Porém esta não garante a igualdade de resultados entre as avaliações, até porque a maior parte dos trechos de acordo com a MVF foram classificados entre muito bom e excelente, enquanto na subjetiva ficou entre boa e regular e o PCI entre ruim, muito ruim e péssimo.

A seguir, são apresentadas as análises referentes às avaliações realizadas no ano de 2018. Na Figura 5 são apresentados os valores (ICP) obtidos por meio de cada método à condição do pavimento dos trechos, bem como suas respectivas classificações.

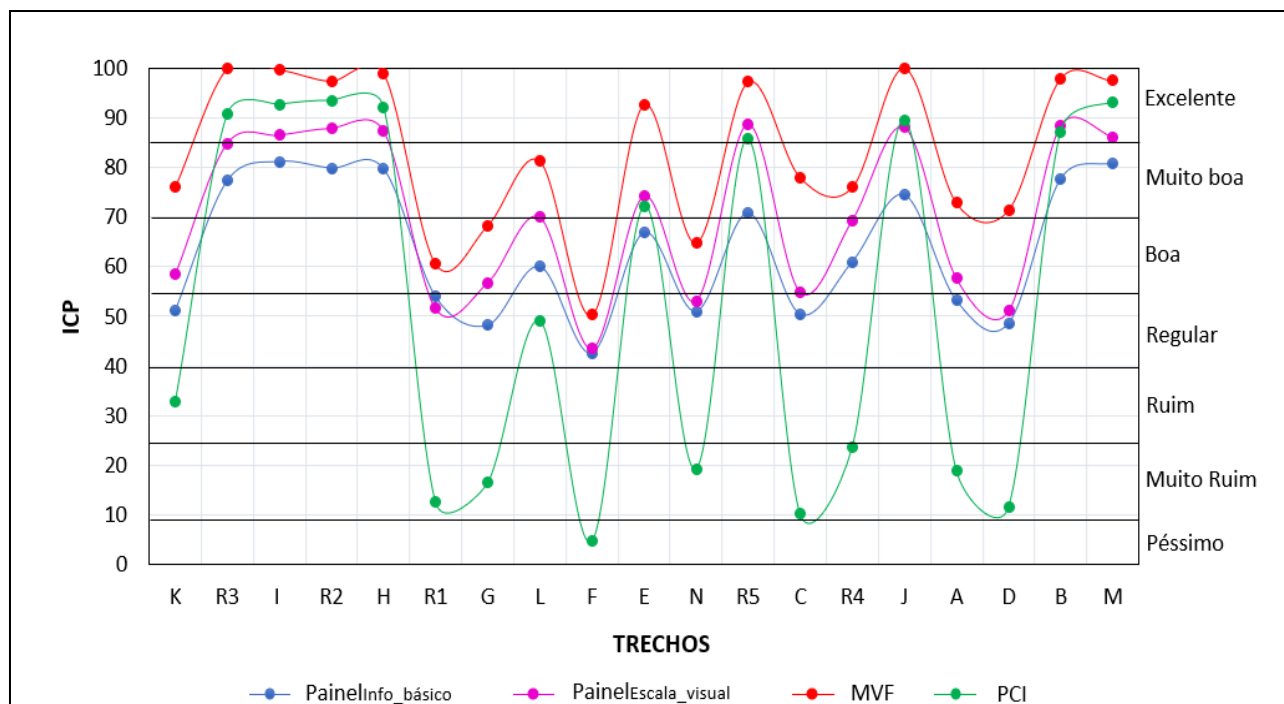


FIGURA 5: ICP dos trechos obtido por meio das avaliações subjetivas, MVF e PCI no ano de 2018.

FONTE: Autoria Própria.

Observa-se que sete dos trechos avaliados (R3, I, R2, H, R5, B e M) em 2018 por meio dos quatro métodos apresentaram valores maiores que em 2017. Isto foi consequência de recapeamentos realizados nestes trechos no período entre as avaliações. Em geral, se comparado os resultados de 2018 com os de 2017, nota-se que, com exceção dos trechos recapeados, houve uma piora na condição dos pavimentos. Além disso, os trechos R3, R2, R5, J, B e M não apresentaram valores próximos em relação aos quatro métodos de avaliação na comparação com as avaliações realizadas em 2017 devido ao maior estágio de deterioração dos pavimentos.

Na comparação entre os métodos objetivos, foram obtidos resultados semelhantes à análise dos dados de 2017, no qual apenas um dos 19 trechos avaliados por meio da MVF obteve a classificação Regular. Já por meio do PCI, as classificações de dez trechos variaram entre Regular, Ruim, Muito ruim e Péssimo.

Na comparação entre a MVF e as avaliações subjetivas, estas foram mais rígidas, onde por meio do Painel_{info_básico} 8 trechos foram classificados com a condição Regular e por meio do Painel_{escala_visual} cinco trechos receberam a mesma classificação. Nota-se que a avaliação do Painel_{escala_visual} foi a que obteve resultados mais próximos com os da MVF devido ao melhor referencial de boa condição de pavimento.

Em relação aos coeficientes de correlação, são apresentados os valores obtidos na comparação das notas das 199 UAs avaliadas por meio da MVF com as notas obtidas por meio dos demais métodos nas avaliações de 2018.

TABELA 3 – Coeficientes de correlação entre o MVF e os demais métodos no ano de 2018

	Painel _{escala_visual}	Painel _{info_básico}	PCI
MVF	0,85	0,81	0,88

FONTE: Autoria Própria.

Nota-se que, assim como nas avaliações de 2017, a maior correlação ocorreu entre a MVF e o PCI, cujo valor foi de 0,88, ou seja, uma forte correlação. O resultado indica que há uma dependência linear entre os índices objetivos, ou seja, quando o valor de índices de um método aumenta a tendência é que o outro também aumente. Porém, é válido lembrar que a análise não garante a igualdade entre resultados, já que a maioria dos trechos de acordo com o PCI foram classificados entre Péssimo, Muito ruim e Regular, enquanto por meio da matriz os trechos foram classificados como Bom, Muito bom e Excelente.

A correlação obtida entre a MVF e a avaliação subjetiva do Painel_{escala_visual}, foi forte, igual a 0,85. Entre a MVF e a avaliação do Painel_{info_básico} a correlação foi de 0,81, também classificada como forte correlação. Com isso, ficou indicado que também ocorre uma relação linear forte entre as avaliações subjetivas e a MVF.

Por meio da análise dos resultados referente as avaliações de 2017 e 2018, observou-se uma similaridade dos resultados com os obtidos por Pereira (2019), no qual foi observado que os dados referentes às avaliações de 2018 apresentaram menores dispersões e a troca da escala visual de Oliveira, Silva Júnior e Fontenele (2013) pela ajustada de Pereira (2019) não ocasionou diferenças significativas entre os valores obtidos entre os dois anos. Porém, na atual pesquisa houve uma melhora considerável na correlação das avaliações Painel_{escala_visual} com a MVF, que passou de 0,75 para 0,85, valor superior a correlação entre o Painel_{info_básico} e o MVF de 0,81.

5. CONCLUSÕES

A partir das comparações realizadas entre os métodos do PCI e MVF, verificou-se que o primeiro tende a ser mais rígido, uma vez que classificou a condição da maioria dos segmentos analisados com os conceitos ruim, muito ruim e péssimo, enquanto a MVF os classificou com os conceitos bom, muito bom e excelente. Essa diferença se deu por conta do diferente número de defeitos que são considerados em cada método. Além disso, foi observado ainda que, por conta da limitação dos pontos deduzidos de cada defeito nas matrizes, o método das MVF amenizou as severidades de alguns dos trechos, o que colaborou para os melhores conceitos encontrados.

Já nas comparações com as avaliações subjetivas, por meio da avaliação de ambos os painéis, com e sem o uso da escala visual, foram obtidas notas menores para a condição dos pavimentos que por meio do método das MVF. Isso pode estar associado à presença de diferentes defeitos na via que, de acordo com o julgamento dos usuários, influenciam no conforto e suavidade ao rolamento proporcionado pelo pavimento e que não são considerados no método das MVF. Apesar disso, a alta correlação entre a MVF e os outros índices indicam que estes possuem a mesma tendência e isso mostra coerência da MVF, o que a torna passível na avaliação da condição de pavimentos flexíveis.

Se levado em conta a escassez de recursos da maioria das cidades brasileiras, o método da MVF torna-se mais vantajoso que o método do PCI, pois proporciona maior agilidade das equipes de avaliação, devido à pequena quantidade de defeitos considerados, permite identificar quais os defeitos que mais interferem negativamente na qualidade dos pavimentos, além de aumentar a produtividade. Quando comparado com as avaliações subjetivas, a MVF apresenta a vantagem de não ter a ocorrência de erros sistemáticos, por se tratar de um método objetivo.

No caso específico desse estudo, embora o procedimento com a MVF apresente certas vantagens, ainda é necessário aprofundamento na pesquisa para que seu uso não resulte em tomadas de decisão equivocadas. Porém, deve ser lembrado que, diferentemente da MVF, o método do PCI foi desenvolvido para uso em rodovias, o que pode explicar classificações mais pessimistas. Isto pode causar a reserva de um montante de recursos financeiros para manutenção acima do necessário, além de destiná-los de forma equivocada.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro, à universidade pela infraestrutura e aos avaliadores que colaboraram nos levantamentos de campo.

7. REFERÊNCIAS.

ALBUQUERQUE, F. S. **Sistemas de gerência de pavimento para departamentos de estradas do nordeste brasileiro.** Tese (Doutorado em Engenharia civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2007.

ALBUQUERQUE, T. P. **Índice de condição baseado em defeitos superficiais para gerência de pavimentos urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia civil e Ambiental) -Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2017.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, ASTM D 6433 -16: **Standard practice for roads and parking lots pavement condition Index surveys.** 2016.

_____ ASTM D 6433 -17: **Standard practice for roads and parking lots pavement condition Index surveys.** 2017.

_____ ASTM D 6433 -18: **Standard practice for roads and parking lots pavement condition Index surveys.** Annual book of ASTM Standards. West Conshohocken, PA, EUA, 2018.

BEKTAS, F.; SMADI, O. e NLENANYA, I. **Pavement condition: New approach for Iowa department of transportation.** Transportation Research Record, Vol.2523, n. 2523, 2015,40-46 p.

CAREY, W. N. e IRICK, P. E. **The pavement serviceability - Performance concept.** Highway Research Board, n. 250, 1960, 40-58 p.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: Aplicação à rede viária de Porto Alegre.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2004.

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

_____ DNIT 009/2003 – PRO: **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento.** Rio de Janeiro: IPT, 2003.

FERNANDES JÚNIOR, J. L. **Sistemas de gerência de pavimentos urbanos para cidades de médio porte.** Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, SP, 2001.

PINTO FILHO, W. L. **Avaliação e diagnóstico de vias urbanas expressas de Manaus: condições estruturais e funcionais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM, 2013.

FOLCO, J. P. S.; ARAÚJO, C. da. S.; CRUZ, M. G. da.; SALVIATTO, V. H.; SILVA JÚNIOR, C. A.; FONTENELE, H. B. **Avaliação subjetiva da condição de pavimentos flexíveis com uso de uma escala visual: uma análise dos erros sistemáticos.** Revista de Ciência e Tecnologia, Vol. 6, 2020.

HARTGEN, D. T.; SHUFON, J. J.; PARRELLA, F. T. e KOEPEL, K. W. P. **Visual scales of pavement condition: Development, validation, and use.** Transportation Research Record, n. 893, 1982, 1-6 p.

HASS, R.; HUDSON, W. R. e ZANIEWSKI, J. **Modern pavement management.** Krieger Publishing Company. Malaba. Florida, Estados Unidos da América, 1994.

HASS, R.; HUDSON, W. R. **Pavement management systems.** New York: McGraw-Hill, Estados Unidos da América, 1978.

IGNÁCIO, L. F. S.; PEREIRA, L. A.; PALMA, L. C. R.; SILVA JÚNIOR, C. A. P e FONTENELE, H. B. **Análise da estabilidade de uma escala visual na avaliação de pavimentos.** Anais do XXXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Gramado, RS, 2018.

LEITE, A. M. da. S.; SILVA, J. P. S. **Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas de Palmas/ TO, utilizando o método PCI (Pavement Condition Index).** Anais do IX Seminário de Iniciação Científica da UFT, Palmas, 2013.

- MARTINS, M. F. **Proposta de estruturação de um banco de dados e de critérios de priorização para manutenção do sistema viário urbano – SGPU: Estudo de caso de Santa Maria-RS.** Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2018.
- MATOS, F. C. de. **Gerência da manutenção da superfície de rolamento de vias urbanas utilizando SIG.** Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2004.
- NETO, A. D. de. L. T.; SILVA, M. B. M. F.; SILVA, R. A. de. S. e.; ARAÚJO, V. B. de. O.; MELO, R. A. de. **Avaliação das condições do pavimento em via urbana na cidade de João Pessoa/PB – Comparação entre índices.** Anais do XXXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Balneário Camboriú, SC, 2019, 1269-1280 p.
- OLIVEIRA, F. M.; SILVA JÚNIOR, C. A. P e FONTENELE, H. B. **Desenvolvimento de escala visual para avaliação da condição da superfície de vias urbanas.** Conexões: Ciência e Tecnologia, Vol. 7, n. 1, 2013, 31-46 p.
- OLIVEIRA, J. J. de. **Experiência de implantação de sistema de gerência de pavimentos em cidade de médio porte – estudo de caso: Anápolis – GO.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2013.
- PÁEZ, E. M. A.; LOPES, S. B. e FERNANDES JUNIOR, J. L. **Índice de condição do pavimento para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos.** Anais do XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, Ouro Preto, Vol. 1, 2015, 1995-2006p.
- PEREIRA, L. A. **Escala visual: Uma ferramenta para a avaliação da condição da superfície de pavimentos urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2019.
- SCHIAVON, G.S. **Avaliação objetiva e subjetiva em superfície de pavimento flexível em trecho urbano – Análise da distância entre estações de avaliação em subtrechos homogêneos.** Revista Científica Eletrônica Estácio, Vol.10, n. 10, 2017, 01-23 p.
- SHAH, Y. U.; JAIN, S. S.; TIWARI, D. e JAIN, M. K. **Modeling the pavement serviceability index for urban roads in Noida.** International Journal of Pavement Research and Technology, Vol. 6, n. 1, 2013, 66-72 p.
- SHRP – STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM, SHRP-P-338, ISBN 0-309-05271-8: **Distress identification manual for the long-term pavement performance studies.** National Academy of Science. Washington, EUA, 1993.
- SILVA, K. A. B. A. da.; SALVIATTO, V. H.; SILVA JÚNIOR, C. A. P.; FONTENELLE, H. B. **Análise comparativa de índices de classificação da condição de pavimentos flexíveis.** Anais do XXXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, 2020, 915 - 924 p.
- SWEI, O.; GREGORY, J.; e KIRCHAIN, R. **Pavement management systems: 488 Opportunities to improve the current Frameworks.** In Transportation Research Board 489 95th Annul Meeting, 2016.
- ZANCHETTA, F. **Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de pavimentos urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2005.
- ZANCHETTA, F. **Sistema de gerência de pavimentos urbanos: Avaliação de campo, modelo de Desempenho e análise econômica.** Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2017.