

ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS URBANOS

Vitor Hugo Salviatto (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: vitor.salviatto@uel.br
Thiago Vinicius Louro (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: thiagocasm@gmail.com
Thiago Botion Neri (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: neri.tb@gmail.com
Bianca Zarske de Souza (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: biancazs2905@gmail.com
Rael Ernani Wojahn (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: raelernani@gmail.com
Wagner Toma (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: wagnertoma@bol.com.br
Priscila Merlo (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: priscilamerlo3@gmail.com
Heliana Barbosa Fontenele (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: heliana@uel.br

Resumo: Muitos dos índices de avaliação da condição de pavimentos possuem procedimentos de coleta de dados trabalhosos e consideram apenas os defeitos como forma de avaliação. Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um Índice de Condição da Superfície de Pavimentos Flexíveis para avaliar, de forma simples, a condição da superfície de pavimentos flexíveis urbanos. O índice proposto agregou os critérios: Serventia Atual; Defeitos no Pavimento; Declividade Longitudinal; Drenagem e Volume de Tráfego de Ônibus. Para cada um destes foram adotados níveis de desempenho, que variam de 0 a 100 pontos, e os pesos foram determinados segundo o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). O índice gerado foi aplicado em 13 unidades amostrais da área urbana de Londrina/PR. O método da Matriz de Valores Fixos (MVF) também foi utilizado para classificar as mesmas unidades amostrais a fim de comparar os resultados entre os dois índices. A correlação obtida para a totalidade de unidades amostrais foi de 0,20. Entretanto, quando excluídas as unidades amostrais com alto tráfego de ônibus (acima de 30 ônibus/horário de pico), obteve-se uma correlação de 0,58. Pode-se concluir que em vias com alto tráfego de ônibus, os índices possuem fraca correlação, enquanto que nas vias com menos de 30 ônibus/horário de pico os índices estão fortemente correlacionados. Pretende-se aprimorar o índice para que seja capaz de indicar de forma confiável a condição de pavimentos que possuam qualquer volume de tráfego de ônibus.

Palavras-chave: Índice de condição, pavimentos flexíveis, escala visual, AHP.

ASSESSMENT INDEX OF THE CONDITION OF URBAN FLEXIBLE PAVEMENTS

Abstract: Many of the pavement condition assessment indexes have laborious data collection procedures and they consider only the distress as a form of assessment. This research aimed to develop a Flexible Pavements Surface Condition Index to evaluate, in a simple way, the condition of the surface of flexible urban pavements. The proposed index added the criteria: Present Serviceability; Distress on the Pavement; Longitudinal Slope; Drainage and Bus Traffic Volume. Performance levels, ranging from 0 to 100 points, were adopted for each criterion and the weights were determined according to the Analytic Hierarchy Process (AHP). The developed index was applied in 13 sample units in the urban area of Londrina/ PR. The Fixed Values Matrix (MVF) was also applied to evaluate the same sample units in order to compare the results between the two indices. The correlation obtained for all sample units was 0.20. However, when the sample units with high bus traffic (over 30 buses/ hush hour) were excluded, a correlation of 0.58 was obtained. It can be concluded that on roads with high bus traffic, the indexes have a weak correlation, while on roads with less than 30 buses/ hush hour the indexes are strongly correlated. It is intended to improve the index so that it is able to reliably indicate the condition of pavements that have any bus traffic volume.

Keywords: Condition index, flexible pavements, visual scale, AHP.

1. Introdução

Nos últimos anos, os diversos setores da indústria, comércio e serviços tem voltado suas ações para a otimização dos recursos disponíveis, por meio de atividades que resultem em serviços e

produtos de melhor qualidade a custos menores (Danieleski, 2004). Neste contexto está inserido o gerenciamento dos pavimentos urbanos. Segundo Pereira (2013), na maioria dos casos as atividades adotadas na manutenção dos pavimentos urbanos são incorretas, o que ocasiona deterioração precoce do pavimento e conseqüente aumento de custos para a administração pública e para os usuários. Para corrigir esse problema é necessários a implementação de Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP).

Um SGP tem como propósito aproveitar da melhor forma os recursos disponibilizados pelos órgãos públicos para a administração da infraestrutura viária, de forma a obter pavimento de qualidade aceitável e reduzir os custo relacionados a manutenção e conservação. As atividades coordenadas vão desde o planejamento da via até a avaliação da condição do pavimento em serviço (Páez, 2015). Segundo Farashah & Tighe (2014), um SGP prioriza as vias e as atividades de manutenção e reabilitação necessárias, de modo a obter pavimentos de melhor desempenho. Entretanto, a adoção de um SGP pode não ser rentável devido a falta de orçamento e experiência das administradores de pavimentos. Desse modo, deve ser composto de atividades simples e eficazes.

A priorização envolve a análise de diversos aspectos da via, dependendo do método utilizado. Entre estes aspectos está a capacidade funcional do pavimento, referente à capacidade do pavimento de proporcionar transporte seguro e de qualidade aos usuários. Esse aspecto pode ser obtido por meio de avaliações subjetivas ou objetivas do pavimento que reúnem as informações coletadas na forma de Índices de Condição de Pavimento (ICP).

Os ICPs permitem conhecer o estado em que se encontra a superfície do pavimento avaliado, sendo, em muitos casos, a principal informação para a tomada de decisão. Existem na literatura diversos índices complexos de avaliação e também tentativas de simplificação desses índices. Entre os índices complexos, pode-se citar o *Pavement Condition Index* (PCI).

O método do PCI avalia a condição do pavimento por meio do levantamento dos tipos, extensões e severidades dos defeitos existentes, cujo procedimento é dado na ASTM (2018). Segundo o método, a condição do pavimento pode ser representada por uma escala que varia entre 100 (melhor condição) e 0 (pior condição). A nota que representa a condição do pavimento no início da avaliação é 100 e vai sendo reduzida conforme é verificada a presença de defeitos. Ao todo, o método indica 20 tipos de defeitos a serem avaliados. Cada combinação de defeito, extensão e severidade corresponde a um valor de redução, ou dedução, dado de acordo com ábacos indicados no manual. Por considerar uma grande quantidade de defeitos e exigir que sejam mensurados cada um dos defeitos na via, o método do PCI torna a avaliação trabalhosa, exigindo maior quantidade de tempo, de avaliadores e, conseqüentemente, de recursos.

Com o objetivo de simplificar a avaliação da condição de pavimentos, Páez (2015) propôs o Índice de Condição de Pavimentos Urbanos (ICPU). O ICPU avalia a condição do pavimento por meio do levantamento do tipo, severidade e extensão de 15 tipos de defeitos. Especialistas ponderaram, por meio do uso do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), os tipos de defeitos considerados. Já os fatores de ponderação relativos à severidade foram obtidos por meio dos ábacos de valores de dedução do *Pavement Condition Index* (PCI). Os fatores de ponderação relativos a extensão foram determinados com uso do método *Vizir* e análises estatísticas de um banco de dados de avaliações de condição realizadas no Distrito Federal. Outro exemplo de método que considera menos tipos de defeitos em relação ao PCI é o método das Matrizes de Valores Fixos (MVF) foi desenvolvido por Zanchetta (2017) com o objetivo de auxiliar na implantação de um SGPU no Brasil. O método avalia a existência, a severidade e a extensão de cinco tipo de defeitos no pavimento: Trinca por Fadiga, Remendo, Panela, Trilha de Roda e Desgaste. Para cada combinação de severidade e extensão é adotado

um valor fixo de dedução. O somatório dos valores de dedução de todos os defeitos observados no pavimento é subtraído de 100 para encontrar a pontuação que representa a condição do pavimento. Baseado nos resultados encontrados, o autor concluiu que as avaliações de condição podem ser mais eficientes quando considerados menor quantidade de defeitos e quando são adotados critérios fixos para severidade e extensão. Pode-se citar ainda os trabalhos de Chamorro *et al.* (2010), Osorio (2015) e Albuquerque (2017), que desenvolveram índices para avaliar a condição de pavimentos com base nos defeitos registrados.

Os índices apresentados consideram apenas os defeitos presentes no pavimento como forma de avaliação. Porém, segundo Viviani (2010), o gerenciamento da rede viária deve englobar aspectos mais abrangentes do que apenas a análise dos defeitos. Desse modo, a autora desenvolveu um método para apoiar um programa de gerência de vias não pavimentadas. O Índice de Gestão de Estradas Não Pavimentadas (IGENP) avalia a condição desses tipos de estradas com base em aspectos técnicos, ambientais, sociais e econômicos. Outros estudos voltam-se para a avaliação de estradas pavimentadas com base em múltiplos parâmetros. Abu-Samra *et al.* (2017) desenvolveram o Condition-Rating (CR), sistema de avaliação de pavimentos flexíveis baseado em fatores operacionais, físicos e climáticos. Nesta pesquisa foram coletados por meio de questionários as opiniões de profissionais experientes em avaliação de pavimentos. Os dados obtidos na aplicação do CR foi comparado com outros índices de condição. Os autores concluíram que o índice desenvolvido é válido na avaliação da condição de pavimentos flexíveis.

Diante dos trabalhos apresentados, o objetivo desse trabalho é desenvolver um Índice de Condição da Superfície de Pavimentos Flexíveis com base na metodologia de tomada de decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process*, que engloba os fatores que influenciam na condição do pavimento e que possua um procedimento de uso simples e efetivo.

4. Materiais e Métodos

A primeira etapa no desenvolvimento do Índice de Condição da Superfície de Pavimentos Flexíveis (ICS-PF_{AHP}) foi a seleção e determinação dos fatores (critérios). Por meio de um *brainstorming* entre os autores do trabalho foram levantados os fatores importantes para representar a condição de pavimentos flexíveis. A seleção daqueles que fariam parte do índice foi baseada na facilidade em se obter os dados, de modo que fosse obtida uma ferramenta simples de análise do pavimento. Desse modo, os critérios que não corresponderam a essa premissa foram descartados.

A segunda etapa consistiu na determinação dos pesos dos fatores. O método utilizado para esta etapa foi o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Cada autor, em planilhas individuais, realizou a comparação par-a-par dos critérios e verificou a consistência das comparações. As médias dos pesos foram tomadas como representativas de cada fator. O mesmo procedimento foi realizado para os subfatores (subcritérios).

O modelo aditivo de agregação foi utilizado para agrupar os critérios e seus respectivos pesos. Este modelo visa transformar um modelo de múltiplos parâmetros em um modelo de parâmetro único. A Equação 1 representa o modelo para um índice I , onde p representa os coeficientes de ponderação (pesos) e c os critérios do índice.

$$I = \sum_{i=1}^n p_i c_i \quad (1)$$

Na terceira etapa foram definidos os níveis de desempenho de cada fator. Baseados na revisão da literatura, consulta a normas e manuais, foram definidos os níveis de desempenho e as respectivas pontuações, podendo variar de 0 a 100 pontos. Do mesmo modo foram definidos os métodos de coleta de dados para obtenção das pontuações de cada fator.

Após o desenvolvimento do ICS-PF_{AHP} procedeu-se a quarta etapa, a validação, que ocorreu por meio de uma aplicação em campo. O índice foi aplicado em 13 trechos de vias urbanas (Unidades Amostrais – UA) do município de Londrina/PR. As UAs não incluíram as faixas de estacionamento e deveriam possuir declividade longitudinal e largura constantes ao longo de sua extensão, possuindo comprimento máximo de uma quadra da via. Optou-se pela escolha de vias localizadas em locais distintos e também com diferentes concentrações de tráfego. A Tabela 1 apresenta os nomes das vias e a identificação das UAs.

Tabela 1 – Identificação das vias e quadras avaliadas

Via	UA	Via	UA
	1		8
Rua Benjamin Constant	2	Rua Elias Daniel Hati	9
	3		10
	4		
	5		11
Rua Brasil	6	Rua Jorge Velho	12
	7		13

Nas mesmas UAs foi aplicado ainda o método das Matrizes de Valores Fixos – MVF a fim de comparação e validação do índice desenvolvido. A comparação foi realizada por meio de teste de correlação entre os resultados obtidos na aplicação dos dois métodos.

5. Resultados e Discussão

Os critérios e suas respectivas abreviações selecionados para compor o ICS-PF_{AHP} foram Serventia Atual (SA), Defeitos no Pavimento (DP), Declividade Longitudinal (DL), Drenagem (DNG) e Volume de Tráfego de Ônibus (VTO). O critério SA mede o conforto ao rolamento proporcionado pelo pavimento. O DP está associado a existência de defeitos no pavimento que possam prejudicar o conforto e a segurança dos usuários, sendo considerados cinco tipos: Trinca por Fadiga (TF), Panela (PAN), Remendo (REM), Trilha de Roda (TR) e Desgaste (DES). Cada um dos defeitos foi considerado como um subcritério de DP. O DL indica a diferença de cota entre o ponto inicial e final do trecho avaliado, tendo em vista que uma alta inclinação da via implica em maior esforço dos veículos nos pavimentos nos movimentos de aceleração ou frenagem. O fator DNG está associado às condições de drenagem da UA, uma vez que a presença de água empoçada no pavimento pode resultar no surgimento e agravamento dos defeitos. Características como o Abaulamento (AB) e a Declividade Longitudinal associada à Drenagem (DLD) foram consideradas como subcritérios de DNG. O VTO foi considerado pois, dentre os veículos pesados, os ônibus coletivos aparecem geralmente em maiores quantidades que outros nas vias urbanas. Além disso, um pavimento com alto fluxo de ônibus tende a ter uma vida útil mais curta, quando comparado a outros sem este tipo de movimento.

Na segunda etapa foram definidos os pesos dos fatores e subfatores do ICS-PF_{AHP}. A Equação 2 representa os pesos, a Equação 3 os pesos dos subfatores de DP e a Equação 4 os pesos dos subfatores de DNG.

$$\text{ICS-PF} = 0,34 \text{ DP} + 0,26 \text{ SA} + 0,20 \text{ VTO} + 0,10 \text{ DL} + 0,10 \text{ DNG} \quad (2)$$

$$\text{DP} = 0,37 \text{ PAN} + 0,24 \text{ TF} + 0,15 \text{ TR} + 0,14 \text{ DES} + 0,10 \text{ REM} \quad (3)$$

$$\text{DNG} = 0,51 \text{ AB} + 0,49 \text{ DLD} \quad (4)$$

A mensuração do conforto ao rolamento proporcionado pelo pavimento, segundo o o SA, foi realizado de acordo com DNIT (2003). Entretanto, algumas adaptações da avaliação porposta fizeram-se necessárias, como uma escala de pontuação variando de 0 a 100, avaliação realizada por caminhamento sobre a via e a utilização de uma escala visual como referência que foi desenvolvida por Pereira (2019). Na Figura 1 é apresentada a escala visual utilizada por um painel de 6 avaliadores. A pontuação final da UA avaliada para o SA equivaleu a média das notas atribuídas pelos autores para cada trecho.



Figura 1 – Escala visual utilizada na avaliação subjetiva

Por meio de inspeção visual foram levantados os defeitos presentes nas UAs, dentre os cinco tipos considerados. Uma escala de 0 a 100 foi adotada para cada tipo de defeito. A pontuação de cada tipo de defeito podia variar entre 0 (foi observado a ocorrência do defeito na UA) e 100 (não foi observado a ocorrência do defeito na UA), conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação adotada para o critério Defeitos no pavimento

Defeito	Panела (PAN)	Desgaste (DES)	Trilha de Roda (TR)	Remendo (REM)	Trinca por Fadiga (TF)
UA possui o defeito	0	0	0	0	0
UA não possui o defeito	100	100	100	100	100

Para medir a DL foram coletados a extensão longitudinal e as cotas topográficas no ponto inicial e final das UAs. A extensão longitudinal foi obtidas através de medição *in loco*, enquanto que as cotas foram obtidas através do software *Google Earth*. A declividade dos trechos avaliados, em porcentagem, foi obtida através da Equação 5, enquanto que a classificação e a respectiva pontuação estão representadas na Tabela 3.

$$DL = \left(\frac{\Delta C}{d} \right) 100 \quad (5)$$

Tabela 3 - Classificação adotada para o critério Declividade longitudinal

Classificação	DL
Até 3%	100
Entre 3,1% e 6%	75
Entre 6,1% e 9%	50
Entre 9,1% 12%	25
Acima de 12%	0

O fator DNG possui dois subfatores. Para medir o AB da UA, fez-se uso do aplicativo Clinometer + bubble level (plaincode™), na qual foram realizadas 3 medições: no começo, no meio e no final da UA, sendo considerado o valor médio das medições. A classificação e respectiva pontuação adotada está representada na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação adotada para o critério Abaulamento

Classificação	AB
Entre 1,5% e 2,5%	100
Maior que 2,5%	50
Menor que 1,5%	0

Os mesmos valores das declividades longitudinal de DL são utilizados no subcritério DLD. Porém, como esse fator possui modo de influência diferentes em ambos, para DLD foi definido esquema de classificação conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação adotada para o subcritério DLD

Classificação	DLD
Maior ou igual a 2%	100
Menor que 2%	0

O VTO foi obtido por meio de contagem de ônibus no horário de pico nas UAs. A contagem foi realizada por dois tipos distintos: *in loco* e por meio do itinerário online da empresa que possui quase a totalidade dos ônibus circulando na cidade. Em ambos os métodos foram considerados a quantidade de ônibus transitando pela via, sendo o valor obtido adotado para todas as UAs da via. A classificação e respectiva pontuação para o VTO é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação adotada para o critério Volume de tráfego de ônibus

Classificação	Classificação	VTO
Até 25 ônibus/horário de pico	Baixo	100
De 26 a 30 ônibus/horário de pico	Médio	50
Acima de 30 ônibus/horário de pico	Alto	0

Os dados coletados nas 13 UAs foram inseridos na equação do ICS-PF_{AHP}. A Tabela 7 demonstra os resultados obtidos em cada fator e o valor do ICS-PF_{AHP}, bem como os valores obtidos na aplicação do MVF em cada UA.

Tabela 7 – Demonstração do resultado do ICS-PF_{AHP} de cada uma das unidades amostrais

UA	SA	VTO	DL	DNG	DP	ICS-PF _{AHP}	MVF
1	64	0	75	100	16	39	68
2	65	0	75	100	16	39	70
3	77	0	75	100	35	48	83
4	47	100	100	50	0	47	44
5	54	100	100	50	0	49	62
6	46	100	75	75	16	52	57
7	63	100	75	75	67	73	84
8	73	100	50	75	26	60	84
9	52	100	50	100	0	47	49
10	61	100	50	75	0	48	47
11	35	100	50	75	51	58	48
12	47	100	50	100	51	64	47
13	47	100	50	75	16	49	62

Percebe-se que as UA 1 e 2 (rua Benjamin Constant) são as que obtiveram as piores pontuações segundo o ICS-PF_{AHP}. Vale ressaltar que a rua Benjamin Constant é a via com maior volume de tráfego dentre as vias avaliadas.

Em relação à obtenção dos dados de VTO, a Tabela 8 mostra a comparação dos resultados de contagem e de pontuação dentro do critério.

Tabela 8 – Comparação das contagens manual e online do VTO

UAs	Manual	Pontuação	Online	Pontuação
Rua Benjamin Constant	56	0	54	0
Rua Brasil	10	100	5	100
Rua Elias D. Hati	3	100	3	100
Rua Jorge Velho	4	100	3	100

Observa-se que os resultados obtidos apresentaram diferenças no seu total, isso se deve ao fato de que não foi possível identificar o destino de alguns veículos coletivos que passaram na contagem *in loco*, pois apresentavam simplesmente a denominação “RECOLHE”. Duas das linhas observadas no local não estavam descritas no site, ocasionando diferenças no total do volume de tráfego *in loco*, comparando o mesmo ambiente virtual. Porém, no sistema de pontuação de VTO, ambas as contagens, manual e online, obtiveram a mesma pontuação. O teste de correlação mostrou que a correlação de Person (r) obtido foi de 0,99.

A correlação de Pearson (r) obtido foi de $r = 0,19$ entre ICS-PF_{AHP} e MVF. A Figura 2 mostra a dispersão dos valores dos índices, mostrando visualmente a baixa correlação.

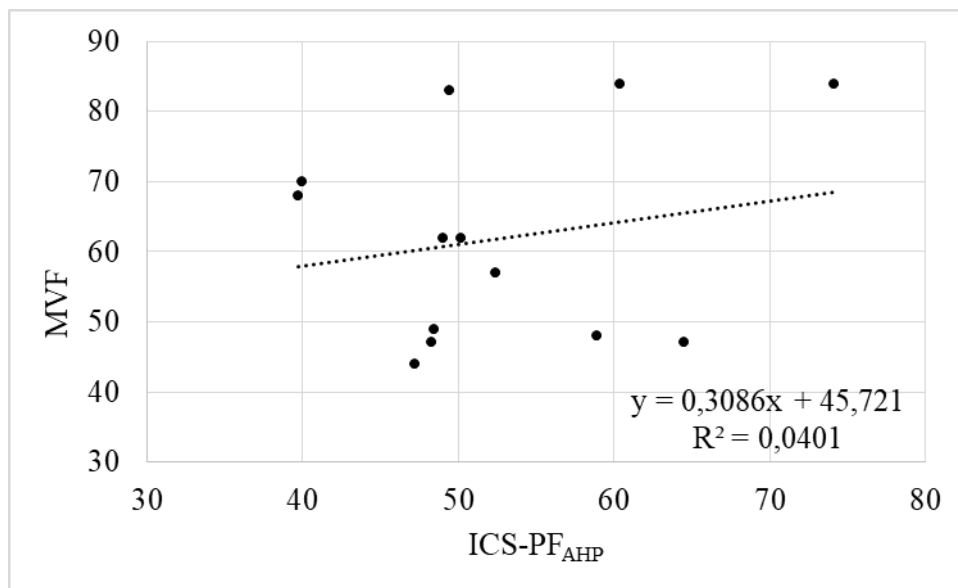


Figura 2 – Gráfico de dispersão ICS-PF_{AHP} x MVF com todas as UAs

No entanto, quando realizado o teste de correlação sem a presença das UAs da Rua Benjamin Constant (1, 2 e 3) houve uma notória mudança, sendo obtido o valor de $r = 0,58$. A Figura 3 mostra a dispersão dos valores dos índices sem as UAs 1, 2 e 3.

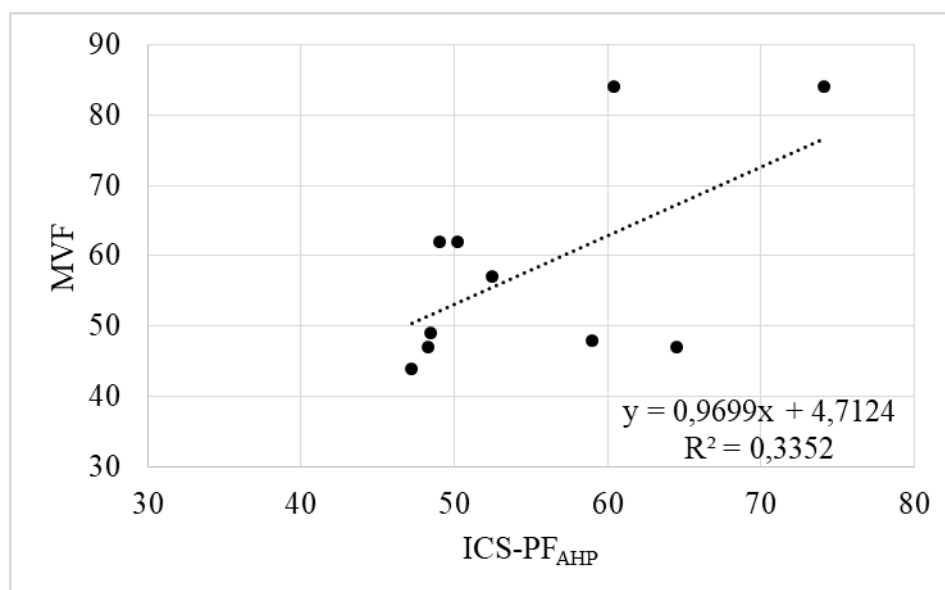


Figura 3 – Gráfico de dispersão ICS-PF_{AHP} x MVF sem UAs da rua Benjamin Constant

6. Conclusão

Na fase de seleção foi possível conhecer os atributos que influenciam na condição do pavimento. Destaca-se que foram encontrados na literatura diversos critérios que também contribuem para a deterioração do pavimento. Porém, não possuem métodos simples de obtenção dos dados, ficando fora, portanto, do índice.

Os avaliadores julgaram que os defeitos existentes são o principal atributo para indicar a condição do pavimento, seguido pelo conforto ao rolamento e volume de tráfego de ônibus. Entre os defeitos, a existência de panelas indica com maior representatividade a condição do pavimento, enquanto que os remendos indicam com menor representatividade. Para os avaliadores, a declividade longitudinal e o abaulamento possuem a menor capacidade de indicar a condição do pavimento, sendo essa capacidade igual entre os critérios.

O método proposto pode representar redução no tempo, no número de avaliadores e no esforço despendido para realizar a avaliação da condição de pavimentos, um vez que os dados necessários podem ser obtidos de forma simples. Por exemplo, o conforto ao rolamento é obtido por meio de avaliação subjetiva, a qual é um método simples de avaliação; neste método não é necessário o cálculo da extensão e mensuração da severidade dos defeitos; a declividade longitudinal e o volume de tráfego de ônibus podem ser obtidas de forma online; e o abaulamento pelo uso de aplicativos gratuitos e de fácil utilização.

Quanto aos métodos de obtenção do VTO das UAs, concluiu-se que a contagem *online* e a contagem *in loco* estão muito fortemente correlacionados. Portanto, a contagem *online* mostrou-se viável quando possível de ser realizada.

Pode-se observar que o ICS-PF_{AHP} obteve fraca correlação com o MVF quando comparadas todas as UAs. Porém, ao desconsiderar na análise as UAs com alto VTO (acima de 30 ônibus/horário de pico), obteve-se forte correlação entre os índices. Isso indica que o ICS-PF_{AHP} apresentou melhor desempenho para avaliação das vias com baixo e médio VTO. Desse modo, pretende-se aprimorar o ICS-PF_{AHP} para que seja capaz de indicar a condição do pavimento com quaisquer volume de tráfego de ônibus.

Referências

ABU-SAMRA, S.; ZAYED, T.; TABRA, W. (2017). Pavement condition rating using multiattribute utility theory. *Journal of Transportation Engineering Part B: Pavements*, v. 143, n. 3, p. 1–15, 2017.

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

ASTM (2018). D6433. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. *Annual Book of ASTM Standards*, v. 06, n. Reapproved 2010, p. 1–47.

CHAMORRO, A.; TIGHE, S. L.; NINGYUAN, L.; KAZMIEROWSKI, T. (2010). Validation and implementation of Ontario, Canada, network-level distress guidelines and condition rating. *Transportation Research Record*, n. 2153, p. 49–57, 12 jan. 2010.

DANIELESKI, M. R. (2004). Proposta de Metodologia para Avaliação Superficial de Pavimentos Urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

FARASHAH, M. K.; TIGHE, S. L. (2010). Development practices for Municipal Pavement Management Systems Application. 2014 Conference of the Transportation Association of Canada Montreal, Quebec, p. 1–20, 2014.

OSORIO, A. (2015). Development of Performance Models of Urban Pavements for Network Analysis. Tese (Doutorado), Universidade de Waterloo, Waterloo, Ontário, Canadá.

PÁEZ, E. M. A. (2015). Índice de Condição do Pavimento (ICP) para Aplicação em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

PEREIRA, L. A. ; OLIVEIRA, F. M. ; SILVA JÚNIOR, C. A. P. ; FONTENELE, H. B. (2013). Utilização de escala visual para avaliação das vias urbanas. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 5, p. 140-150, 2013.

PEREIRA, L. A. (2019). Escala visual: uma ferramenta para a avaliação da condição da superfície de pavimentos urbanos. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR.

VIVIANI, E; R. A. R. RAMOS E D. L. JÚNIOR (2010). Índice de gestão de estradas não pavimentadas (IGENP) – Aplicação a um caso de estudo na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. PLURIS 2010 - 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. Universidade do Algarve, Faro.

ZANCHETTA, F. (2017). Sistema de gerência de pavimentos urbanos: avaliação de campo, modelo de desempenho e análise econômica. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.