



Avaliação subjetiva da condição de pavimentos flexíveis com uso de uma escala visual: uma análise dos erros sistemáticos

João Paulo S. Folco¹, Caroline da Silva Araújo¹, Marcos Gabriel da Cruz¹, Vitor Hugo Salviatto¹, Carlos Alberto Prado da Silva Junior¹, Heliana Barbosa Fontenele¹

¹Centro de Tecnologia e Urbanismo – Universidade Estadual de Londrina (CTU/UUEL)

{joao_folco, carolinearaujo100, marcosgabrielcruz, vitorhsalviatto}@hotmail.com, {cprado, heliana}@uel.br

Abstract. *Subjective assessments are easy methods to check the condition of pavements, but they can be hampered by the existence of systematic errors. The objective of the study was to evaluate the occurrence of leniency and central tendency errors in inspections of flexible urban pavements to validate the surface conditions data. The assessments took place on the campus of the State University of Londrina. Six raters received basic instructions on the procedure described in DNIT-PRO 009 (2003) in addition to a visual scale. The survey was carried out twice in an interval of 3 months. Errors were verified by analysis of variance. There were indications of the occurrence of errors, however with a non-significant magnitude. It was concluded that the data are reliable and can be used in decision making.*

Resumo. *Avaliações subjetivas são métodos fáceis para verificar a condição de pavimentos, porém podem ser prejudicadas pela existência de erros sistemáticos. O objetivo do estudo foi avaliar a ocorrência dos erros de leniência e de tendência central em avaliações de pavimentos flexíveis urbanos para validar os dados relativos às condições da superfície. As avaliações ocorreram no campus da Universidade Estadual de Londrina. Seis avaliadores receberam instruções básicas sobre o procedimento descrito na norma DNIT-PRO 009 (2003) além de uma escala visual. O levantamento foi realizado duas vezes num intervalo de 3 meses. Os erros foram verificados por análise de variância. Houve indícios da ocorrência dos erros, entretanto com magnitude não significativa. Concluiu-se que os dados são confiáveis e podem ser usados na tomada de decisão.*

1. Introdução

A má qualidade da malha viária urbana da maioria dos municípios brasileiros está ligada, principalmente, ao uso incorreto dos já insuficientes recursos destinados para o setor de transportes. Uma alternativa para mudar esse cenário é a adoção de medidas racionais de administração dos pavimentos, como um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU).



Com base nos trabalhos de Hosten *et al.* (2013), Martins (2015) e Zanchetta (2017) pode se afirmar que um SGPU busca auxiliar os tomadores de decisão a priorizar as vias candidatas a receber intervenção, selecionar as melhores estratégias e determinar o tempo correto de aplicação de modo a utilizar de forma eficiente os recursos disponíveis. Entretanto, para garantir tal eficácia, um SGPU deve possuir procedimentos simples, eficientes, de baixo custo, e que possam fornecer informações confiáveis sobre a qualidade da malha viária analisada e auxiliar na tomada de decisão.

Com o objetivo de desenvolver um método simples de avaliação da condição de pavimentos, Carey e Irick (1960) citam que a *American Association of State Highway Officials* desenvolveu, nos anos 50, um método denominado de avaliação subjetiva que avalia a condição de pavimentos com base na opinião dos usuários. Os avaliadores julgam a serventia do pavimento por meio da atribuição de uma nota de 0 (péssima serventia) a 5 (ótima serventia). A serventia refere-se ao conforto e suavidade ao rolamento proporcionado pelo pavimento. A média das notas dadas pelos avaliadores é tomada como o *Present Serviceability Ratio* (PSR). No Brasil, tal medida equivale ao Valor de Serventia Atual (VSA) (DNIT-PRO 009, 2003).

Entretanto, devido a sua subjetividade, esse tipo de avaliação pode não retratar fielmente a condição do pavimento, pois cada avaliador possui uma referência diferente do que é uma condição boa a ruim de um pavimento. Desse modo, ferramentas como as escalas visuais foram desenvolvidas para servir como uma referência e padronizar as notas dadas pelos avaliadores durante a avaliação. Um dos precursores no uso de escalas visuais foi Hartgen *et al.* (1982). Os autores avaliaram de forma subjetiva pavimentos da cidade de Nova Iorque com o auxílio de 50 fotografias previamente classificadas por profissionais da área. As imagens da escala visual representavam valores na escala numérica utilizada. Anteriormente à avaliação os avaliadores foram instruídos para executar o correto uso da escala. Segundo Hartgen *et al.* (1982), o uso das escalas é simples e pode auxiliá-los no julgamento.

Outro trabalho que pode ser citado é o de Fontenele e Fernandes Jr. (2013). Os autores criaram uma escala visual para avaliação da condição de estradas não pavimentadas. O trabalho obteve uma correlação satisfatória entre os dados resultantes do painel treinado com a escala visual e o painel que não foi.

Mesmo com o uso das escalas visuais, outros fatores podem contribuir negativamente nos resultados das avaliações subjetivas, como a existência dos erros sistemáticos. Dois tipos de erros que podem ocorrer durante as avaliações são o erro de leniência e o erro de tendência central.

O erro de leniência ocorre quando os avaliadores, com receio de serem severos, avaliam a condição dos pavimentos de forma generosa e com notas acima das que de fato a condição do pavimento deveria receber. Considera-se também como erro de leniência o caso oposto, quando o avaliador, com receio de ser generoso, avalia os pavimentos com notas ruins. Nos trabalhos de Hutchinson (1964) e de Golroo e Tighe (2010) tal erro é verificado pela dispersão dos dados referentes à média de cada avaliador em relação a grade média (média das médias de cada avaliador em cada trecho). Quanto maior for a dispersão, maior será a interferência do erro de leniência.



Especificamente na pesquisa de Golroo e Tighe (2010) foi comprovada a existência da dispersão das médias dos avaliadores em relação a grande média e, conseqüentemente, a ocorrência do erro. No entanto, para verificar a significância do erro nos dados, os autores observaram a diferença na variabilidade por meio de um teste de hipóteses, onde as classificações são transformadas em uma distribuição contínua F de Fisher-Snedecor para um nível de significância $\alpha = 0,05$. Por meio do teste, pode-se desconsiderar a existência do erro de leniência caso o F obtido esteja abaixo do $F_{\text{crítico}}$ e o valor-p resultante esteja acima do valor de α .

O erro de tendência central consiste na concentração das classificações em valores medianos por receio dos avaliadores em atribuir notas que classifiquem o pavimento nas extremidades, tanto negativa quanto positiva. Para Hutchinson (1964), é possível perceber esse erro através das dispersões das notas.

Quando o coeficiente de variação das notas obtidas em campo é menor do que o das notas “previstas”, conclui-se que há um indício da existência do erro. As notas “previstas” são obtidas por meio de uma equação de transformação linear representada pela Equação 1 e retrata uma estimativa da nota que determinado trecho de pavimento deveria receber com base nas notas dos demais avaliadores.

$$T_j = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{\sigma} \cdot (\bar{x}_j - \bar{x}) \quad (1)$$

Onde:

T_j - Valores “previstos”;

$\overline{\sigma^2}$ - Média da variância das notas dos avaliadores;

σ - Desvio padrão das médias dos trechos;

\bar{x}_j - Valor médio da classificação de cada trecho;

\bar{x} - Grande média das avaliações ou média das classificações médias dos trechos.

Em seu estudo, Hutchinson (1964) detectou tal erro ao analisar 40 seções de pavimento nos estados de Minnesota e Indiana nos EUA, onde nove avaliadores classificaram a malha viária utilizando-se uma escala de 0 a 5 pontos.

Em decorrência dos erros que podem ocorrer durante uma avaliação subjetiva, faz-se importante estudos que verifiquem a confiabilidade dos dados levantados por este tipo de avaliação.

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar a existência dos erros de leniência e de tendência central em avaliações subjetivas da condição de pavimentos flexíveis de forma a validar os resultados obtidos.

2. Método de pesquisa

Os dados necessários para esta pesquisa foram obtidos por meio da realização de duas avaliações subjetivas da condição dos pavimentos flexíveis do campus da Universidade Estadual de Londrina (UEL). O local foi escolhido por possuir uma malha viária semelhante à de uma pequena cidade, com vias de diferentes larguras, faixas de

rolamento, declividade e condição, na qual transitam diariamente pedestres, veículos não motorizados, automóveis e veículos pesados.

As avaliações foram executadas no ano de 2019 por duas vezes e com um intervalo de três meses entre elas. A primeira avaliação ocorreu em setembro e a segunda em dezembro. Esse procedimento foi tomado para verificar a estabilidade nas classificações e seguindo o processo adotado no trabalho de Hartgen *et al.* (1982).

Com o objetivo de facilitar a avaliação e o registro dos dados, a malha viária do campus foi dividida em trechos, conforme Figura 1. Os trechos foram divididos ainda em 199 Unidades Amostrais (UA), as quais possuíam largura de uma faixa de tráfego e comprimentos variáveis, de modo que cada UA possuísse área de 135 a 315m².

O procedimento utilizado para as divisões das UAs se baseou na ASTM D 6433 (2018) que é relativa ao processo de obtenção do *Pavement Condition Index* (PCI), tendo em vista a necessidade posterior de realização de avaliações objetivas para validação dos resultados.

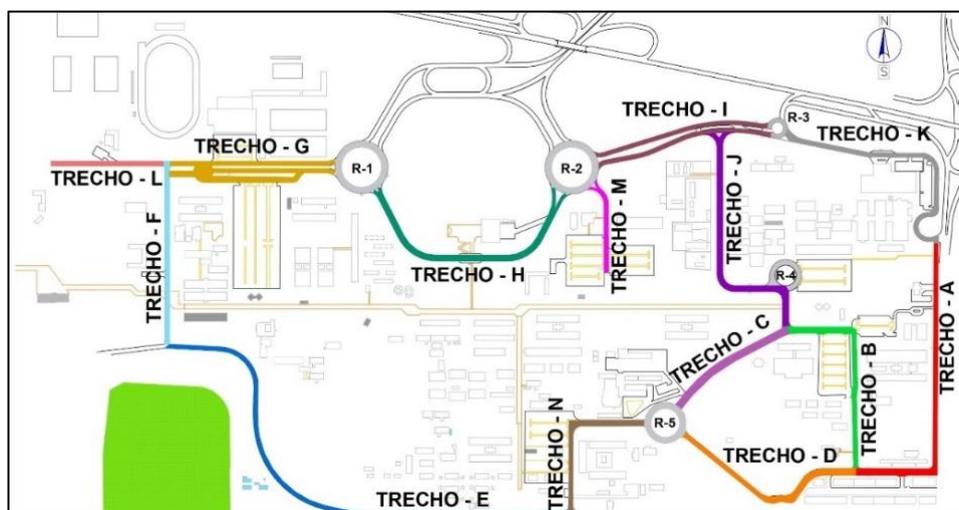


Figura 1. Divisão da malha viária do campus universitário (IGNÁCIO *et al.*, 2018)

A avaliação dos pavimentos, baseada na DNIT-PRO 009 (2003) e ajustada de acordo com a necessidade da pesquisa, foi realizada por um painel de 6 discentes do curso de Engenharia Civil, pois apesar de serem sugeridos cinco avaliadores buscou-se, para esse trabalho, um número igual de membros do sexo feminino e masculino.

Primeiramente, foram passadas aos integrantes do painel as instruções básicas de como o processo de avaliação deveria ocorrer, como, por exemplo, que não havia classificação certa ou errada, que as classificações deveriam ocorrer de forma individual e as notas registradas em formulários próprios sem a identificação do avaliador, que os avaliadores deveriam considerar apenas a superfície atual do pavimento, que não deveria haver distração e comentários de classificações entre os membros do painel durante a avaliação. Em seguida foi apresentada aos avaliadores a escala visual ajustada por Pereira (2019) e feito um nivelamento com os mesmos a fim de minimizar ainda mais os erros durante a avaliação.

A escala visual é um instrumento que possui o objetivo de referenciar a nota dos avaliadores. A escala é composta por uma sequência de imagens de pavimentos com as respectivas notas para a condição apresentada (Figura 2). Juntamente à escala, as características da superfície relacionadas aos intervalos de classificação considerados na mesma são apresentadas na Tabela 1.



Figura 2. Escala visual para uso em avaliação de vias urbanas (PEREIRA, 2019)

Tabela 1. Características da superfície relacionadas aos intervalos da escala de classificação (OLIVEIRA *et al.*, 2013)

Nota	Classificação	Características
100-80	Excelente	Alta qualidade de viagem; pequena/nenhuma redução da velocidade; pouca vibração do veículo e pequeno/nenhum desconforto na viagem.
80-60	Boa	Alta qualidade de viagem; pequena/nenhuma redução da velocidade; pouca/média vibração do veículo e pequeno/nenhum desconforto na viagem
60-40	Regular	Média qualidade de viagem; média redução da velocidade; média vibração do veículo e médio desconforto na viagem.
40-20	Ruim	Baixa qualidade de viagem; grande redução da velocidade; muita vibração do veículo e grande desconforto na viagem.
20-0	Péssima	Baixa qualidade de viagem; grande redução da velocidade; muita vibração do veículo e grande desconforto na viagem.

O painel de avaliadores caminhou sobre cada UA e atribuiu uma nota de 0 a 100. O VSA a que a DNIT-PRO 009 (2003) se refere foi denominado nesta pesquisa de índice subjetivo de condição do pavimento (ICP_{subj}).

O índice de cada UA foi tomado como a média das notas atribuídas pelos avaliadores. Além disso, o ICP_{subj} representativo dos trechos foi tomado como a média dos valores das unidades pertencentes ao trecho. Após as avaliações foi averiguado a existência dos erros de leniência e tendência central nas avaliações.

Para verificar o erro de leniência, primeiramente foi realizada uma análise estatística descritiva dos dados com o objetivo de observar os valores de média, variância e desvio. Caso houvesse considerável dispersão dos dados de algum avaliador foi considerado que houve um indício da existência do erro. Nesses casos, uma análise de variância (ANOVA) foi realizada para verificar se a presença do erro foi significativa a ponto de comprometer o resultado das avaliações.



A análise buscou validar as hipóteses H_0 (variabilidade entre os avaliadores não é significativa) ou H_1 (variabilidade é significativa). Foi utilizada a distribuição F de Fischer-Snedecor e um nível de significância de 0,05 para verificar se o valor de F encontrava-se na região de aceitação de H_0 .

O valor de F trata-se da razão entre as médias da amostra e a variação dentro das amostras. Caso este fosse menor que o valor de $F_{\text{crítico}}$ considerou-se que o erro de leniência não foi significativo. Além disso, para a definitiva aceitação da H_0 , o valor-p deveria ser maior que o nível de significância.

Para a averiguação do erro de tendência central foi feito uma análise dos dados obtidos em campo e os dados “previstos” calculados por meio da Equação 1. Foi comparado os valores do coeficiente de variação (CV) dos dois conjuntos de dados. Caso o CV dos dados “obtidos” fosse menor que dos dados “previstos” foi considerado que houve um indício da ocorrência do erro de tendência central. Nesses casos foi verificado se a magnitude do erro afetou significativamente a confiabilidade dos dados por meio de um teste de variância bilateral. Nos casos em que o F calculado estivesse dentro da região de aceitação definida por um intervalo entre $\frac{\alpha}{2}$ e $1 - \frac{\alpha}{2}$, onde α significa o nível de significância dos dados, foi concluído que a existência do erro não foi significativa.

3. Resultados e discussões

Os resultados das análises estatísticas dos dados foram obtidos nas duas avaliações subjetivas de condição do pavimento para a verificação de erros sistemáticos. Primeiramente foi realizada a análise do erro de leniência nas duas avaliações e em seguida a do erro de tendência central.

3.1. Verificação do erro de leniência

Os dados obtidos na primeira avaliação foram organizados e estão representados na Tabela 2, na qual é possível observar a quantidade de trechos avaliados e parâmetros estatísticos das notas dos avaliadores, como a soma, a média, o desvio padrão e a variância das notas. Como pode-se observar, o valor obtido para a grande média foi de 67,75.

Tabela 2. Soma, média, desvio e variância de notas por avaliador na 1ª avaliação

Avaliador	Nº de trechos avaliados	Soma das médias de cada trecho	Média	R (desvio)	Variância
1	19	1285,5	67,66	-0,09	152,75
2	19	1289	67,84	0,09	221,00
3	19	1222	64,32	-3,43	330,89
4	19	1361,5	71,66	3,91	339,45
5	19	1370	72,11	4,36	423,96
6	19	1261	66,37	-1,38	563,58
Médias	-	-	67,75	-	335,17

Pela análise dos dados que constam na Tabela 2, foi possível observar um desvio (R) maior nas notas dos avaliadores 3, 4 e 5.

Os avaliadores 4 e 5 atribuíram notas mais altas em relação aos outros integrantes do painel e o avaliador 3 atribuiu notas mais baixas. Desse modo, houve um indício da ocorrência do erro de leniência na avaliação. Para verificar se o erro afetou significativamente os resultados da 1ª avaliação foi realizada uma ANOVA.

Os resultados do teste são apresentados na Tabela 3, na qual SQ representa a soma dos quadrados, gl os graus de liberdade e QM os quadrados médios.

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) dos dados da 1ª avaliação

Fonte da variação	SQ	gl	QM	F	Valor-p	F _{crítico}
Entre grupos	873,596	5	174,719	0,516	0,764	2,298
Dentro dos grupos	36569,395	108	338,606			
Total	37442,991	113	-			

Por meio da análise dos dados da Tabela 3, nota-se que o valor de F é menor que o valor de F_{crítico}. Sendo assim, o F está fora da zona de rejeição de H₀ para o nível de significância de 5% e o valor-p é maior que o nível de significância. Desse modo, a presença do erro de leniência não foi significativa.

De forma análoga o mesmo processo foi feito para a 2ª avaliação. Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros estatísticos da avaliação e o valor da grande média. Notou-se que o avaliador 2 não avaliou a mesma quantidade de trechos que os demais avaliadores. Assim, os parâmetros das notas desse avaliador foram baseados apenas nos trechos avaliados pelo mesmo.

Tabela 4. Soma, média, desvio e variância de notas por avaliador na 2ª avaliação

Nº Avaliador	Contagem	Soma	Média	R (desvio)	Variância
1	19	1250,5	65,82	-1,18	320,37
2	8	519,5	64,94	-2,06	207,32
3	19	1089,5	57,34	-9,66	279,64
4	19	1393,5	73,34	6,34	378,50
5	19	1295,5	68,18	1,18	402,17
6	19	1308,5	68,87	1,87	467,75
Médias	-	-	67,0	-	349,43

É possível observar um indício do erro de leniência, visto que os avaliadores 3 e 4 classificaram o pavimento com um desvio considerável da média. Desse modo, foi realizada a ANOVA para os dados da 2ª avaliação. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) dos dados da 2ª avaliação

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F _{crítico}
Entre grupos	2671,301	5	534,260	1,492	0,199	2,308
Dentro dos grupos	34722,903	97	357,968			
Total	37394,204	102	-			

Da mesma forma que na 1ª avaliação, a ANOVA resultou em um valor de F menor que $F_{\text{crítico}}$. Como o valor-p é maior que o nível de significância de 5%, a magnitude do erro de leniência também não foi significativa.

3.2. Verificação do erro de tendência central

Na Tabela 6 pode-se visualizar os valores “obtidos” e os “previstos” pela equação de transformação linear nos 19 trechos avaliados durante a primeira avaliação.

Tabela 6. Conjunto de dados “obtidos” e “previstos” da 1ª avaliação

Trecho	Valores		Trecho	Valores	
	Obtidos	Previstos		Obtidos	Previstos
A	57,8	57,1	K	53,5	52,7
B	86,5	87,5	L	75,3	75,6
C	52,5	51,6	M	86,3	87,2
D	48,3	47,1	N	45,5	44,2
E	71,3	71,4	R1	52,5	51,6
F	43,8	42,4	R2	88,5	89,6
G	57,0	56,3	R3	87,0	88,0
H	88,5	89,6	R4	59,0	58,5
I	88,0	89,0	R5	83,0	83,8
J	88,0	89,0	-	-	-

A partir dos dados da Tabela 6 foi realizada uma análise estatística descritiva a fim de se observar os CV. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Análise estatística descritiva dos dados “obtidos” e “previstos” na 1ª avaliação

	Valores Obtidos	Valores Previstos
Média	69,1	69,1
Desvio padrão	17,4	18,3
Variância da amostra	301,4	335,2
Contagem	19	19
CV	25,1%	26,5%

Pode-se dizer que houve um indício da ocorrência do erro de tendência central, pois o CV dos dados obtidos é menor que o CV dos dados “previstos”. Porém, o método descrito por Hutchinson (1964) indica que a dispersão dos dados deve ser elevada para ocorrer interferência do erro nos resultados.

Assim, para verificar tal situação foi realizada uma análise de variância bilateral. O gráfico resultante dessa análise está representado na Figura 3.

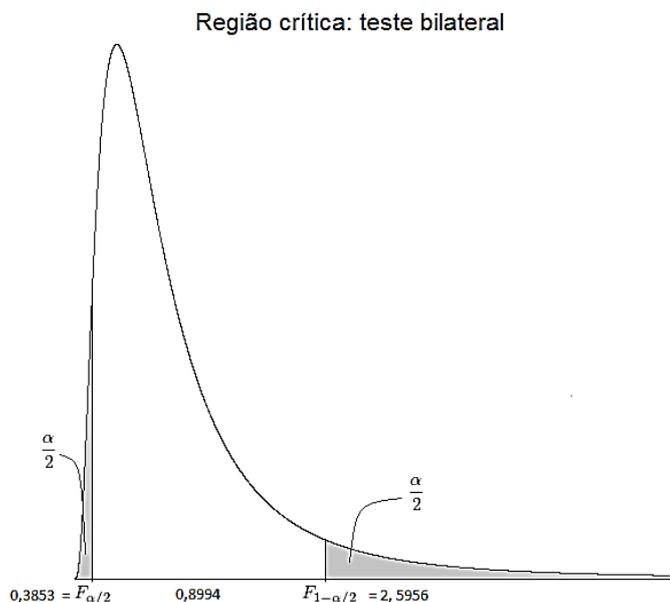


Figura 3. Teste de variância bilateral para a 1ª avaliação (Adaptado de Portal Action, 2020)

Como pode ser verificado, foi obtido um valor de F de 0,8994, que de acordo com o teste está dentro da região de aceitação de H_0 (entre 0,3853 e 2,5956). Desse modo, a presença do erro de tendência central não foi significativa.

Na Tabela 8 são apresentados os valores “obtidos” e os “previstos” pela equação de transformação linear nos trechos para a 2ª avaliação.

Tabela 8. Conjunto de dados obtidos e “previstos” da 2ª avaliação

Trecho	Valores		Trecho	Valores	
	Obtidos	Previstos		Obtidos	Previstos
A	55	55,5	K	47,5	48,3
B	90	89,0	L	71,0	70,8
C	45	46,0	M	90,0	89,0
D	49	49,8	N	40,0	41,2
E	74	73,7	R1	49,0	49,8
F	37,5	38,8	R2	87,5	86,6
G	55,0	55,5	R3	83,0	82,3
H	88,0	87,1	R4	54,0	54,6
I	89,0	88,0	R5	83,0	82,3
J	85,0	84,2	-	-	-

Ao comparar os valores “previstos” e os “obtidos” nota-se uma baixa dispersão nos dados. Desse modo, realizou-se uma análise estatística descritiva. Os resultados são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Análise estatística descritiva dos dados “previsto” e obtidos na 2ª avaliação

	Valores Previstos	Valores Obtidos
Média	67,0	67,0
Desvio padrão	18,7	19,5
Variância da amostra	349,4	381,8
Contagem	19	19
CV	27,9%	29,2%

Diferentemente da 1ª avaliação os dados obtidos da 2ª avaliação apresentam CV maior que o CV dos dados previstos. Desse modo, nesta avaliação o erro de tendência central não ocorreu. A fim de comprovar esse resultado foi realizado o estudo de variância bilateral com os dados, obtendo-se o gráfico representado na Figura 4.

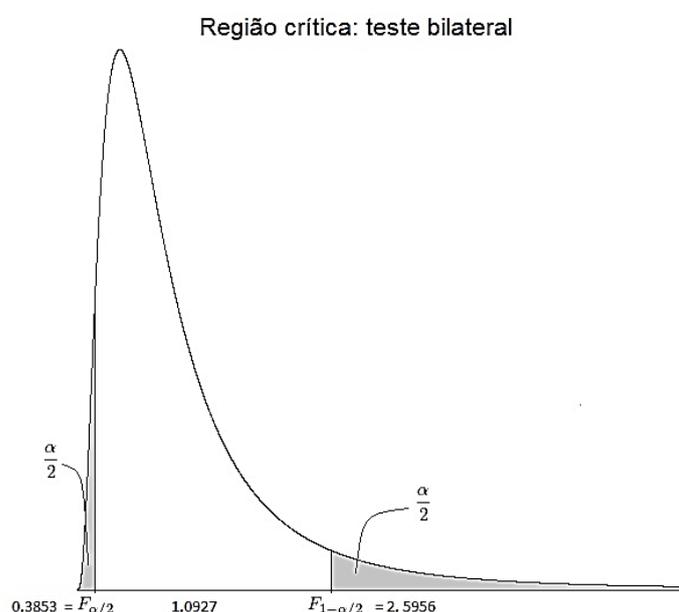


Figura 4. Teste de variância bilateral para a 2ª avaliação (Adaptado de Portal Action, 2020)

A partir da análise da Figura 4 comprova-se, portanto, a insignificância desse erro para na 2ª avaliação subjetiva com a adoção de uma escala visual de referência realizada no ano de 2019.

4. Conclusões

A validação dos dados levantados por avaliações subjetivas da condição de pavimentos flexíveis com o uso de uma escala visual de referência proposta neste trabalho mostrou-se eficiente. Assim, foi possível indicar a confiabilidade dos dados obtidos no procedimento de avaliação adotado. A análise dos erros sistemáticos mostrou-se de grande importância, uma vez que esses erros são intrínsecos ao ser humano e sua magnitude pode comprometer a fidedignidade dos resultados e consequentemente prejudicar a tomada de decisão.



Na análise dos dados da 1ª avaliação foram encontrados indícios da ocorrência do erro de leniência. Entretanto, após a análise de variância concluiu-se que a presença da falha não foi significativa. Da mesma forma, após comparação do coeficiente de variação dos dados “obtidos” e “previstos” foram encontrados indícios da existência do erro de tendência central. Porém, a partir do teste de variância bilateral observou-se que o erro possuiu baixa magnitude, ou seja, não interferiu de forma significativa nos resultados da avaliação.

Em relação aos dados da 2ª avaliação, foi observado indícios da presença do erro de leniência. Porém, os resultados da ANOVA indicaram que o erro não foi significativo. Além disso, pôde-se concluir que não ocorreu o erro de tendência central visto que o CV dos dados obtidos foi maior do que o dos dados previstos.

Desse modo, conclui-se que os dados da avaliação subjetiva com auxílio de uma escala visual são válidos para classificar a condição de pavimentos flexíveis urbanos e auxiliar um SGPU por se tratar de um método, simples, de baixo custo, sem a necessidade de mão de obra especializada, além de apresentar uma boa confiabilidade.

Agradecimentos

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

Referências

- American Society for Testing Materials. ASTM D 6433 (2018) “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”.
- Carey, W. N e Irick, P. E. (1960) “The Pavement Serviceability – Performance Concept”, Highway Research Board, n. 250, p. 40-58.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT-PRO 009 (2003) “Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Procedimentos”, IPT, Rio de Janeiro.
- Fontenele, H. B. e Fernandes Jr., J. L. (2013) “Desenvolvimento de um Instrumento para Avaliação da Condição de Estradas não Pavimentadas”, Revista Eletrônica de Engenharia Civil, n. 1, p. 11-21.
- Golroo, A. e Tighe, S.L. (2010) “Developing an Overall Combined Condition Index for Previous Concrete Pavements Using a Specific Panel Rating Method”, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, n° 2153, p. 40-48.
- Hartgen, D. T., Shufon, J. J., Parrella, F. T. e Koeppel, K. W. P. (1982) “Visual Scales of Pavement Condition: Development, Validation, and Use”, Transportation Research Record n° 893, p.1-6.
- Hosten, A. M., Bryce, J., Priddy, L. P., Flintsch, G. W., Izeppi, E. L. e Nelson, W. O. (2013) “Improving Network Condition with Preventive Maintenance: A Pavement Management System Case Study in Christiansburg, Virginia”, Transportation Research Board 92nd Annual Meeting. Washington - DC.



- Hutchinson, B. G. (1964) “Principles of Subjective Rating Scale Construction”, Highway Research Record, nº 46, Washington (DC).
- Ignácio, L. F. S., Pereira, L. A., Palma, L. C. R., Silva Júnior, C. A. P. e Fontenele, H. B. (2018) “Análise da Estabilidade de uma Escala Visual na Avaliação de Pavimentos”, In: XXXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XXXII ANPET), 2018, Gramado, RS. Anais..., Rio de Janeiro.
- Martins, L. D. (2015) “Levantamento da Utilização de Sistemas de Gerência de Pavimentos no Brasil e Estudo de Caso”, Dissertação (Mestrado). Programa de Engenharia Civil UFRJ/COPPE.
- Oliveira, F. M., Silva Júnior, C. A. P. e Fontenele, H. B. (2013) “Desenvolvimento de escala visual para avaliação da condição da superfície de vias urbanas”, Conexões, Ciência e Tecnologia, v. 7, p. 31-47.
- Pereira, L. A. (2019) “Escala visual: uma ferramenta para a avaliação da condição da superfície de pavimentos urbanos”, Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de atuação: Geotecnia e Transportes, Universidade Estadual de Londrina.
- Portal Action. (2020) “Teste para comparação de duas variâncias (teste F)”, <http://www.portalaction.com.br/inferencia/56-teste-para-comparacao-de-duas-variancias-teste-f>, Julho.
- Zanchetta, F. (2017) “Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, Modelo de Desempenho e Análise Econômica”. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos.