

# Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos: Una validación en oficina

## Visual scale for evaluating urban pavements: An office validation

L. A. Pereira <sup>1</sup>\*, C. A. P. Silva Júnior \*, H. B. Fontenele \*

\* Universidade Estadual de Londrina, Paraná. BRASIL

Fecha de Recepción: 15/02/2018

Fecha de Aceptación: 12/10/2018

PAG 45-54

### Abstract

To restrain the total deterioration of the roads is important to develop procedures to support quality control, with respect to maintenance and rehabilitation of the pavement. Such procedures are performed empirically and incorrectly, leading to an increase in the deterioration rate and, consequently, an increase in costs for users and public management. The aim of this research is to validate in the office a visual scale composed of photographs representing each classification interval adopted to verify pavements condition. Basic information about the evaluation process was showed to both rating panels selected. The visual scale used as reference in this study was also presented to only one of the panels. Both panels rated photographs of various surface conditions of urban roads, classifying them by assigning grades from 0 (zero) to 10 (ten). It was concluded that it is possible to use a visual scale for classification urban pavements due its influence on reducing dispersion in the judgment of the raters.

**Keywords:** Subjective evaluation, pavement condition, panel of raters, urban roads, pavement management system

### Resumen

Para contener el total deterioro de las vías, es importante el desarrollo de procedimientos que apoyen el control de calidad, en lo que se refiere a mantenimiento y rehabilitación del pavimento. El mantenimiento de vías generalmente se realiza de forma empírica e incorrecta, acarreado en la intensificación de la tasa de deterioro y, consecuentemente, aumento de costos a los usuarios y a la gestión pública. El objetivo de esta investigación es validar en oficina una escala visual compuesta por fotografías representativas de cada intervalo de clasificación adoptado para verificación de la condición de los pavimentos. Informaciones básicas acerca del proceso de evaluación han sido mostradas a los dos paneles. Se presentó la escala visual usada como referencia en este estudio solamente a uno de los paneles. Ambos paneles evaluaron fotografías de variadas condiciones de la superficie de vías urbanas, clasificándolas por medio de asignación de notas entre 0 (cero) y 10 (diez). Se concluyó que es posible utilizar una escala visual de clasificación para pavimentos urbanos debido a su influencia en la reducción de la dispersión en el juicio de los evaluadores.

**Palabras clave:** Evaluación subjetiva, condición del pavimento, panel de evaluadores, vías urbanas, gestión de pavimentos

## 1. Introducción

Las actividades de mantenimiento de vías urbanas son, generalmente, realizadas sin un planeamiento adecuado, es decir, de manera empírica e incorrecta, lo que refleja negativamente, pues ocurre aumento de la tasa de deterioro del pavimento y, consecuentemente, incremento en los costos a los usuarios y a la gestión pública.

De este modo es importante y necesario el desarrollo de procedimientos sencillos, eficientes y confiables que fortalezcan el control de cualidad, en lo que concierne al mantenimiento y rehabilitación del pavimento.

A fin de suplir la deficiencia en el planeamiento de las actividades de mantenimiento y rehabilitación es de extrema importancia el desarrollo e implementación de un adecuado Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP).

Entretanto, es importante destacar algunas peculiaridades de las vías urbanas, ya que eso influye en las actividades necesarias para el mantenimiento. Las vías presentan: gran porcentual de área destinada a intersecciones, acarreado frenado con más frecuencia; interferencias de infraestructura subterránea de las ciudades; existencia de segregación del tráfico, con carriles exclusivos para ómnibus y presencia de vegetación junto a los bordes del pavimento.

De este modo, el presente trabajo tiene como objetivo contribuir al procedimiento de evaluaciones subjetivas, para aplicación en un Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos (SGPU), a partir de la validación de una escala visual para auxiliar en la clasificación de la superficie de pavimentos de vías urbanas.

## 2. Sistema de Gestión de Pavimentos

Un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) puede ser entendido como un conjunto de actividades integradas entre planeamiento, construcción, mantenimiento, evaluación e

<sup>1</sup> Autor de Correspondencia:

Universidade Estadual de Londrina, Paraná. BRASIL.

E-mail: lucasaramayo@uel.br

lucasaramayo@hotmail.com



investigación. Estas actividades son vinculadas a una base de datos con la finalidad de aumentar la eficiencia de las decisiones tomadas por los administradores, así como, proporcionar una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas en distintos niveles, optimizando recursos para desarrollo de programas de mantenimiento (Hass, Hudson & Zaniewski, 1994).

De modo general, los conceptos de gestión de pavimentos son válidos tanto para carreteras como para vías urbanas. Sin embargo, existen algunas particularidades cuando se trata de pavimentos urbanos. Una de las principales, de acuerdo con Bertollo y Fernandes (1997), es la existencia de infraestructura pública que corre paralela o perpendicularmente a las vías.

Un Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos (SGPU) es una herramienta capaz de ayudar a los sectores públicos y privados en la gerencia eficiente y eficaz de la malla vial de las ciudades, con el fin de implementar procesos gerenciales basados en la documentación y actualización de datos del inventario, en la evaluación periódica de la condición de los pavimentos, en la utilización de criterios de selección de estrategias de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos y de priorización de secciones para la utilización de los recursos disponibles (J. J. Oliveira, Lopes, Souza, Pereira & Fernandes, 2012).

En este contexto, en el estudio de Hosten *et al.* (2013) fue discutido el desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos para la ciudad de Christiansburg, Virginia - EUA, destacándose el uso de aplicaciones de gestión de pavimentos para verificar la eficacia de la implementación de mantenimiento preventivo en las vías de la ciudad. Los resultados del trabajo indicaron que la implementación de un SGPU en la ciudad de Christiansburg puede auxiliar a los ingenieros de la ciudad en la determinación de cuales tipos de intervenciones necesarias, objetando una estrategia de mantenimiento preventivo, la cual tiene potencial de reducción significativa de costos de la red vial de la ciudad.

La implantación de un Sistema Dinámico de Gestión de Pavimentos Urbanos en la ciudad de Anápolis – GO fue objeto de estudio de J. J. Oliveira *et al.* (2012). Según los autores, los resultados del SDGPU permiten la elaboración de documentos con justificaciones técnicas que facilitan la obtención de recursos complementarios por la alcaldía, agilizan la licitación de obras, aumentan el control del proceso licitatorio, facilitan el control de calidad de ejecución de los servicios y el acompañamiento del desempeño de los pavimentos.

Además, con la implantación del SDGPU en Anápolis, J. J. Oliveira *et al.* (2012) destacaron varios aspectos positivos, como: licitación y contratación de obras de mantenimiento preventivo; estímulo al desarrollo de pavimentación en los cursos de Ingeniería Civil existentes en la ciudad; estímulo a la implantación de gestión de infraestructura urbana, con compatibilización de todos los sectores que se utilizan en el sistema vial.

La eficacia de un SGPU, para Páez, Lopes y Fernandes (2015), está directamente conectada a un buen inventario de la malla vial. Semejantemente Arguelles, Fuentes y Aldana (2011) resaltan que los factores de mayor complejidad e importancia en un sistema de gestión son el desarrollo de modelos de deterioro y definición de estándares de conservación.

Siendo así, metas y estrategias deben ser elaboradas para la identificación y localización de los problemas,

constatando el real estado del pavimento en cuestión, lo que evidencia la importancia de disponibilidad de datos relativos a las evaluaciones del pavimento.

### 3. Evaluación subjetiva de pavimentos

Entre los años de 1958 y 1961 fue realizada una prueba en la pista experimental de *American Association of State Highway Officials (AASHO Road Test)* que evidenció el papel del usuario en la evaluación del pavimento.

En el *AASHO Road Test*, de acuerdo con Carey and Irick (1960), fue definido el *Present Serviceability Ratio (PSR)*. Esta metodología consiste en las evaluaciones realizadas por una comisión que juzga la capacidad del pavimento en servir al tráfico del punto de vista del usuario, llevándose en consideración el confort proporcionado por la vía.

Estas son las evaluaciones subjetivas, las cuales posibilitan la determinación de la condición de la superficie de un pavimento a partir de la atribución de notas relativas al confort del viaje.

Las evaluaciones subjetivas ofrecen importante ayuda para el mapeo del estado de deterioro del pavimento, pudiendo asumir gran importancia en un SGPU, una vez que, según Fontenele y Fernandes (2013), las secciones que necesitan de mejorías son más fácilmente conocidas, pudiendo ser priorizadas.

Para evaluar la coherencia de las evaluaciones subjetivas en carreteras no pavimentadas, Fontenele, Silva y Piton (2007) sometieron 14 tramos experimentales del municipio de São Carlos - SP al juicio por un panel de evaluadores, los cuales atribuyeron notas para la condición superficial de los tramos en cuestión.

En el estudio, Fontenele *et al.* (2007) concluyeron que es posible evaluar las carreteras de tierra por medio de un panel de usuarios, ya que las evaluaciones subjetivas obtenidas fueron consideradas coherentes y válidas para representar las condiciones de los tramos experimentales en estudio.

### 4. Escalas Visuales

Con la finalidad de facilitar las evaluaciones subjetivas *in loco*, fueron desarrollados estudios para elaboración y desarrollo de escalas visuales que ayudan y facilitan el proceso de clasificación de las vías.

Preocupados con las condiciones y el mantenimiento de las vías de la ciudad de Nueva York, Hartgen, Shufon, Parrella and Koepfel (1982) desarrollaron junto al departamento de transporte de la ciudad, un método de evaluación subjetiva de las vías pavimentadas por medio de la colecta de fotografías para ser clasificadas por un grupo de especialistas del área. Después de hecha la evaluación por el grupo, fue obtenido un conjunto de fotografías representativas para cada posición de la escala de valores adoptada, formando así la concepción de una escala visual para clasificación de la condición de la superficie de los pavimentos.

En este aspecto, Fontenele y Fernandes (2013), a los moldes de Hartgen *et al.* (1982), elaboraron una escala visual objetivando contribuir al procedimiento de evaluaciones subjetivas ejecutadas en carreteras no pavimentadas.

Para el desarrollo del trabajo, se obtuvieron fotografías de vías no pavimentadas para ser clasificadas por un grupo

de individuos en la región de estudio con experiencia en el área de suelos y carreteras.

De modo semejante F. M. Oliveira, Silva y Fontenele (2013), desarrollaron una escala visual para la clasificación de las superficies de vías urbanas. Para el estudio, fueron capturadas y seleccionadas cerca de 60 fotografías con el fin de ser clasificadas por un grupo de especialistas en el área. Después de las evaluaciones de los especialistas, fueron seleccionadas las fotos finales que mejor representaban las categorías, constituyendo una escala visual para evaluación de vías urbanas.

Se debe agregar que, de acuerdo con el trabajo de Hartgen *et al.* (1982), es de fundamental importancia que, luego de la elaboración de una escala visual, esta sea validada y probada a fin de verificar la eficiencia de su uso en la evaluación superficial de pavimentos.

## 5. Metodología

En este capítulo se abordará el método utilizado durante el desarrollo de la pesquisa, que tuvo como base la utilización de una escala visual en el proceso de evaluaciones subjetivas de pavimentos urbanos por medio de fotografías.

### 5.1 Escala visual

Para el procedimiento se utilizó la escala visual desarrollada por F. M. Oliveira *et al.* (2013), que ha sido creada con el auxilio de especialistas del área de transporte. En la Figura 1 se muestra la escala visual, que es compuesta por 10 fotografías, siendo dos representativas de cada intervalo de la escala de clasificación adoptada.

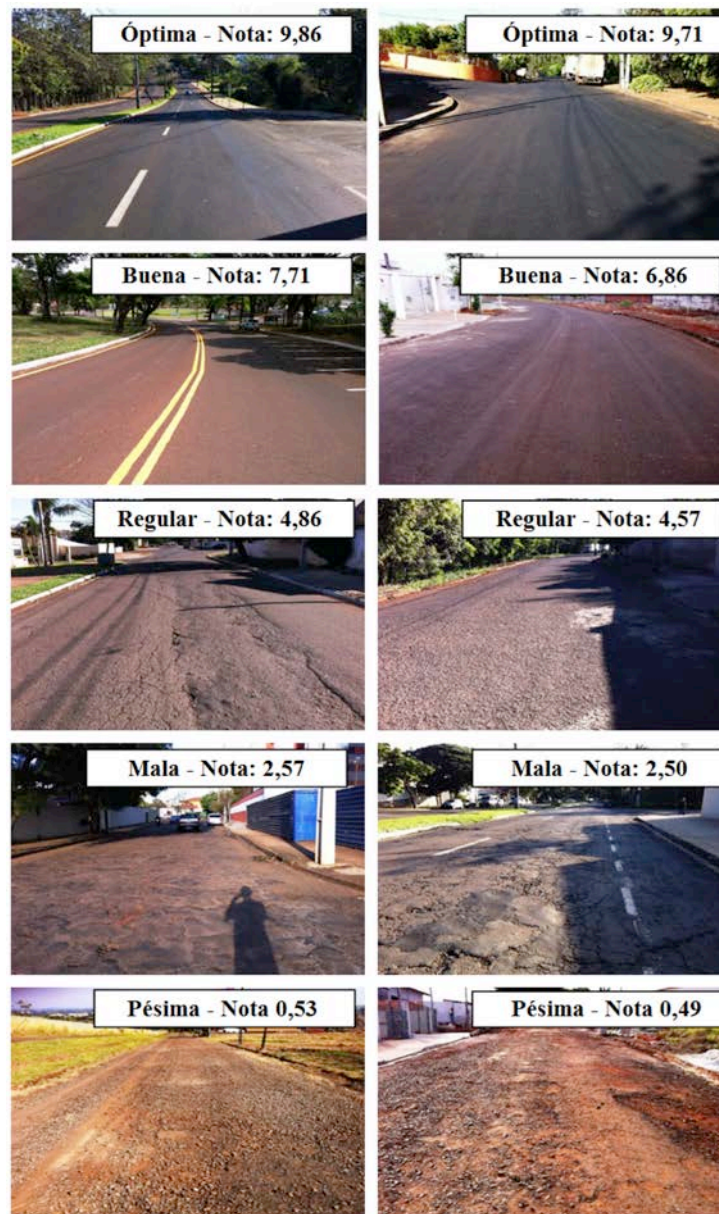


Figura1. Escala visual para vías urbanas pavimentadas

## 5.2 Registro fotográfico de las vías urbanas

Fueron capturadas aproximadamente 100 fotografías de distintas condiciones de las superficies de las vías urbanas de un municipio del interior del estado de Paraná - Brasil. Del total de fotografías capturadas, fueron seleccionadas 60, las cuales han sido organizadas y enumeradas para posterior clasificación por un grupo de evaluadores.

## 5.3 Selección e instrucción de los paneles de evaluación

La evaluación de las fotos obtenidas ha sido realizada por dos paneles de evaluadores, cada uno compuesto por 11 estudiantes de Ingeniería Civil.

A uno de los paneles (panel<sub>escala\_visual</sub>), además de pasadas instrucciones sobre el procedimiento de evaluaciones subjetivas, se realizó una explicación acerca de la escala visual desarrollada por F. M. Oliveira *et al.* (2013). Al otro grupo (panel<sub>info\_básica</sub>) solamente fueron presentadas informaciones básicas sobre el proceso de evaluación.

En la etapa de instrucciones básicas al panel<sub>info\_básica</sub> se tuvo como objetivo transmitir, de manera clara, las orientaciones de lo que debería ser clasificado, aclarando posibles dudas. En otra fecha, para el panel<sub>escala\_visual</sub>, además de estas instrucciones, se presentó la escala visual de condición de la superficie de pavimentos para ser utilizada como referencia de notas.

## 5.4 Evaluación de la condición de pavimentos por fotografías

Los dos paneles realizaron las evaluaciones en días distintos, previamente programados con cada grupo. Se presentaron las fotografías a los evaluadores por medio de proyector multimedia, de modo que las notas atribuidas han sido registradas en formulario individual entregado para cada evaluador.

Pasados dos meses de la primera evaluación, se repitieron los procedimientos para los dos paneles, estableciendo la segunda evaluación con los mismos miembros.

Además, una tercera evaluación (tres meses después de la segunda) fue realizada solamente con el panel<sub>escala\_visual</sub>, en la cual se ofreció la escala impresa para cada miembro del panel para ser utilizada durante el procedimiento.

## 5.5 Tratamiento de datos

Los datos obtenidos fueron tratados a partir del uso de estadística descriptiva (promedio, desviación estándar y coeficiente de correlación) y de estadística no paramétrica por la prueba de Kolmogorov-Smirnov (prueba K-S).

La prueba K-S para dos muestras ha sido hecha para comparar los paneles, buscando comprobar si los mismos fueron extraídos de la misma población comparando las correspondientes frecuencias acumuladas.

Las siguientes hipótesis fueron probadas:  $H_0$ : las evaluaciones de los dos paneles son iguales y  $H_1$ : las evaluaciones de los dos paneles son significativamente distintas estadísticamente.

Para la realización de la prueba K-S, primeramente se calcula, por la Ecuación 1, la máxima diferencia absoluta entre las funciones de distribución acumuladas de las dos muestras ( $S_{n1}(X)$  e  $S_{n2}(X)$ ):

$$D = \max |S_{n1}(X) - S_{n2}(X)| \quad (1)$$

Enseguida, las máximas diferencias (D) entre las frecuencias acumuladas deben ser comparadas con el valor crítico ( $D_{critico}$ ), que se determina por la Ecuación 2.

$$D_{critico} = \frac{K_d}{n} \quad (2)$$

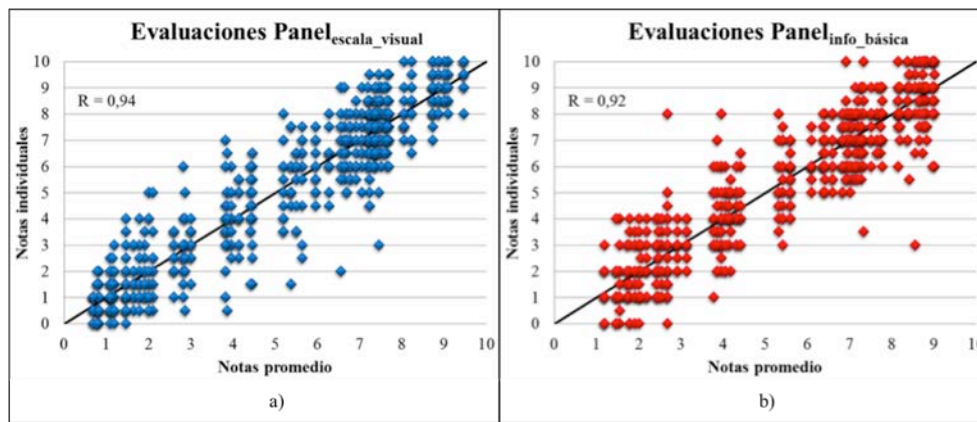
Donde  $K_d$  es el numerador de la mayor diferencia entre las dos distribuciones acumulativas y n es el número de muestras por grupo.

## 6. Resultados

En este ítem serán presentados los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas por los paneles a lo largo de esta investigación.

### 6.1 Primera Evaluación

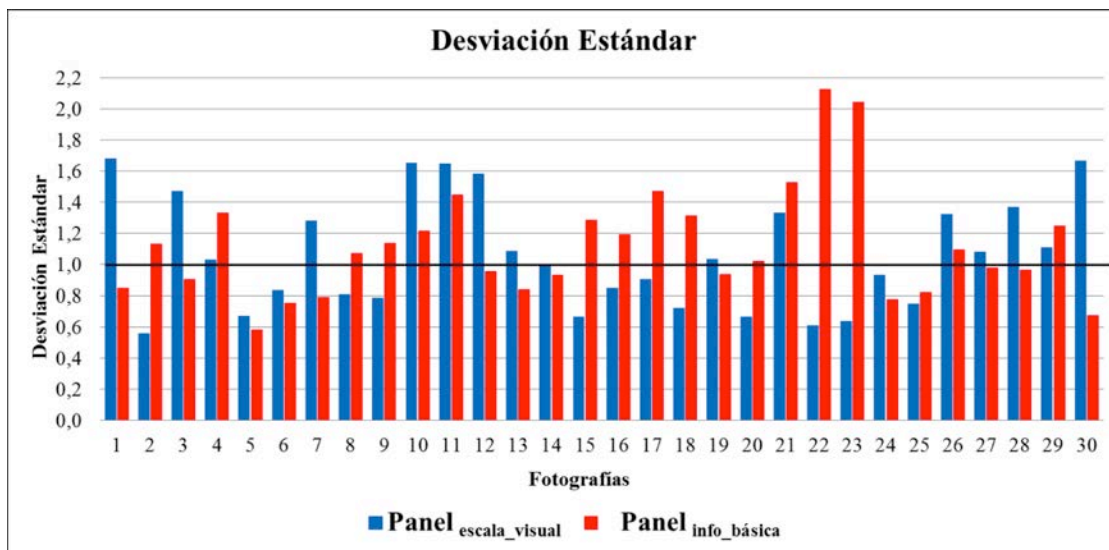
Para la primera evaluación fueron correlacionadas las notas individuales de cada evaluador con las notas promedio, obteniendo los gráficos de la Figura 2.



**Figura 2.** Gráficos de correlación de las notas de la primera evaluación a) panel<sub>escalavisual</sub> b) panel<sub>info\_basica</sub>

En los gráficos de la Figura 2 se puede ver la concentración de los datos alrededor de la línea de igualdad, lo que refleja una satisfactoria correlación entre las notas, siendo el 94% para el panel<sub>escalavisual</sub> y el 92% para el panel<sub>info\_basica</sub>.

En este trabajo, para análisis de la desviación estándar, fue considerado el valor máximo aceptable del 10% de la escala numérica adoptada. De esta forma, se obtuvieron los gráficos de desviación estándar para cada fotografía, según cada panel, presentados en las Figuras 3 y 4.



**Figura 3.** Gráfico de desviación estándar de las notas de la primera evaluación (fotografías 1 a 30)

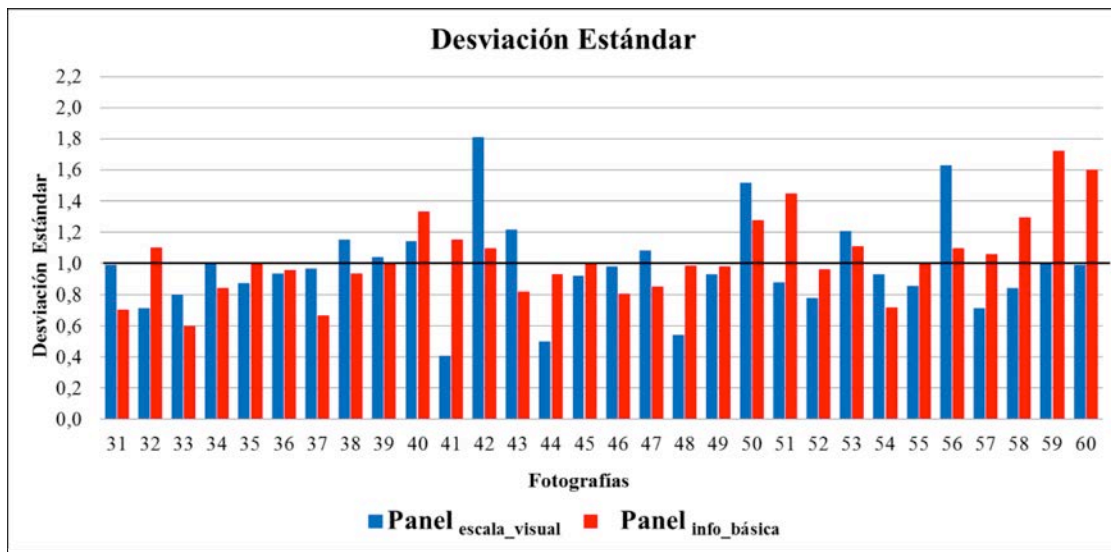


Figura 4. Gráfico de desviación estándar de las notas de la primera evaluación (fotografías 31 a 60)

Analizando los resultados relativos al panel<sub>escala\_visual</sub> se verifica que los valores máximos de desviación estándar, pertenecientes a las fotografías 1 y 42, son inferiores a las máximas desviaciones del panel<sub>info\_básica</sub>. Considerando el valor máximo aceptable de desviación estándar, se constató que las notas relativas a 35 fotos (aproximadamente el 58%) presentan desviación estándar inferior o igual a 1,0 puntos, siendo la fotografía 42 la única a presentar valor superior a 1,7 puntos.

En relación al panel<sub>info\_básica</sub>, se puede constatar que 29 fotografías (48%) presentan desviación estándar inferior o igual a 1,0 puntos. Las fotografías 22 y 23 presentaron los mayores índices de desviación estándar, cerca de 2,0 puntos.

## 6.2 Segunda Evaluación

Las notas obtenidas en la segunda evaluación con ambos los paneles fueron correlacionadas, obteniendo los gráficos de la Figura 5.

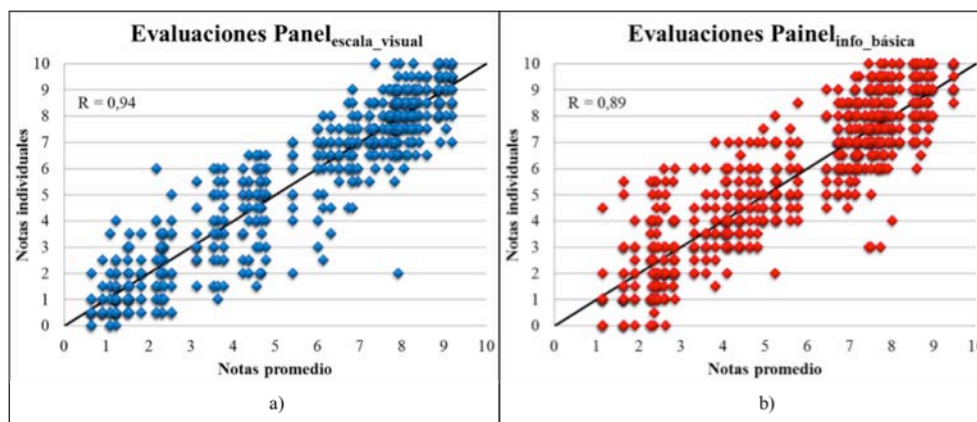


Figura 5. Gráficos de correlación de las notas de la segunda evaluación a) panel<sub>escala\_visual</sub> b) panel<sub>info\_básica</sub>

Por medio de los gráficos se verificó que la correlación del 94% para el panel<sub>escala\_visual</sub> permaneció la misma, y que la del panel<sub>info\_básica</sub> sufrió una pequeña disminución para el 89%

Se obtuvieron nuevamente los gráficos de desviación estándar para cada fotografía, según cada panel, presentados en las Figuras 6 y 7.

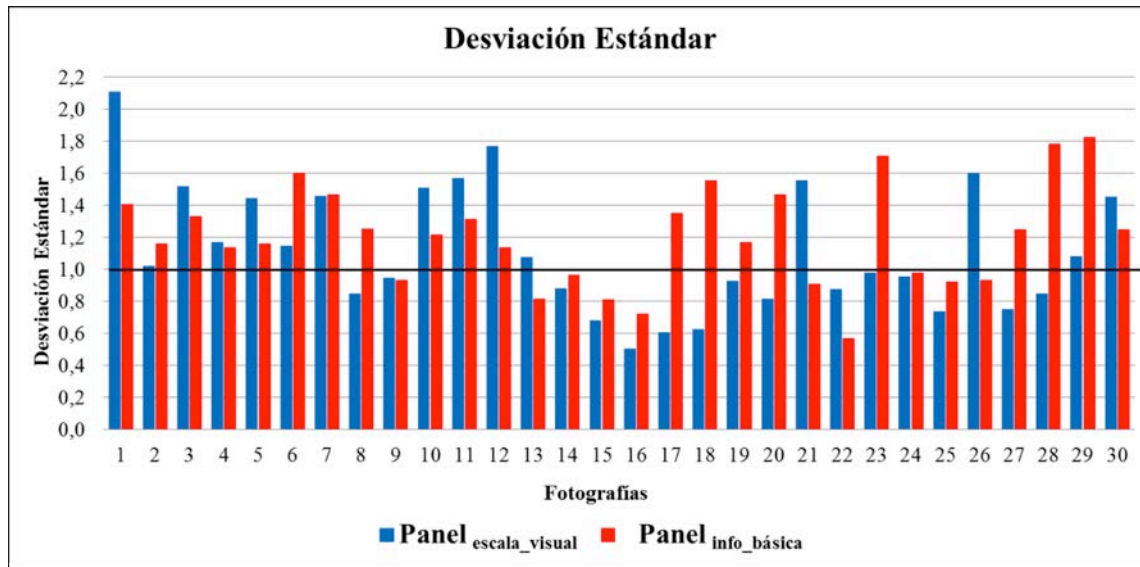


Figura 6. Gráfico de desviación estándar de las notas de la segunda evaluación (fotografías 1 a 30)

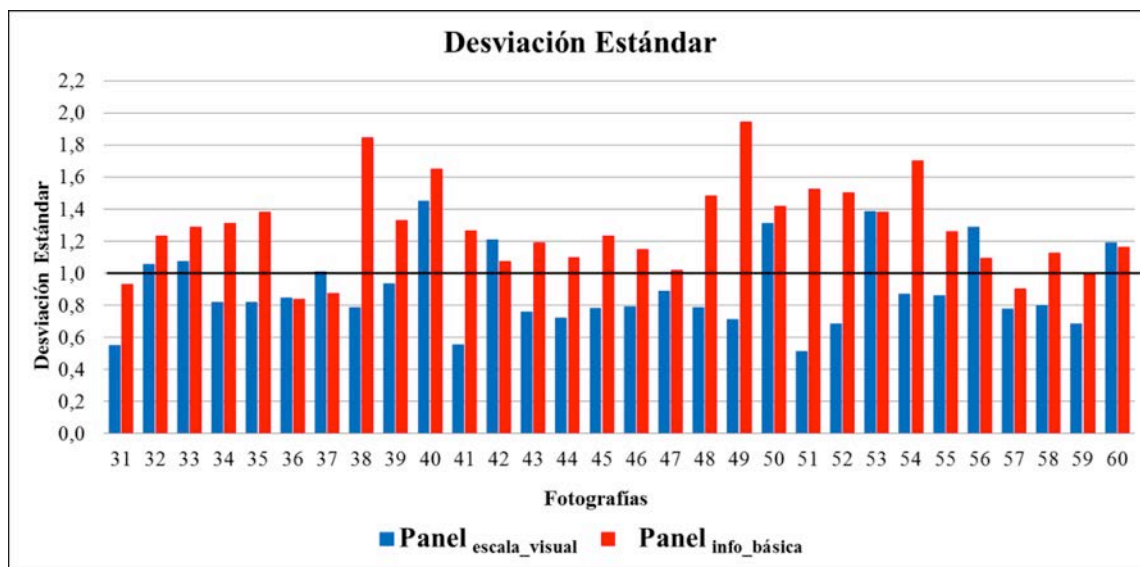


Figura 7. Gráfico de desviación estándar de las notas de la segunda evaluación (fotografías 31 a 60)

Analizando los resultados del panel<sub>escala\_visual</sub>, se verificó que las notas relativas a 36 fotos (60%) presentan desviación estándar inferior o igual a 1,0 puntos, es decir, aproximadamente constante. La fotografía 1 fue la única a presentar valor superior a 2,0 puntos.

Ya para el panel<sub>info\_básica</sub>, 15 fotografías (25%) presentaron desviación estándar inferior o igual a 1,0 puntos, una reducción de casi 50%.

Comparando las desviaciones estándar entre los dos

paneles, se observó que la cantidad de fotografías con desviación inferior a 10% de la escala de clasificación (valor máximo aceptable) es mayor para el panel<sub>escala\_visual</sub>. Por lo tanto, se constató que las evaluaciones del panel<sub>info\_básica</sub> sufrieron variaciones más significativas en las dos evaluaciones, mientras que los resultados del panel<sub>escala\_visual</sub> no presentaron alteraciones considerables siendo, por eso, más cohesivas y estables a lo largo del tiempo.



### 6.3 Tercera Evaluación

La tercera evaluación fue realizada apenas con el panel<sub>escala\_visual</sub>. De la misma manera que en las evaluaciones

anteriores, las notas asignadas fueron correlacionadas obteniéndose el gráfico de la Figura 8.

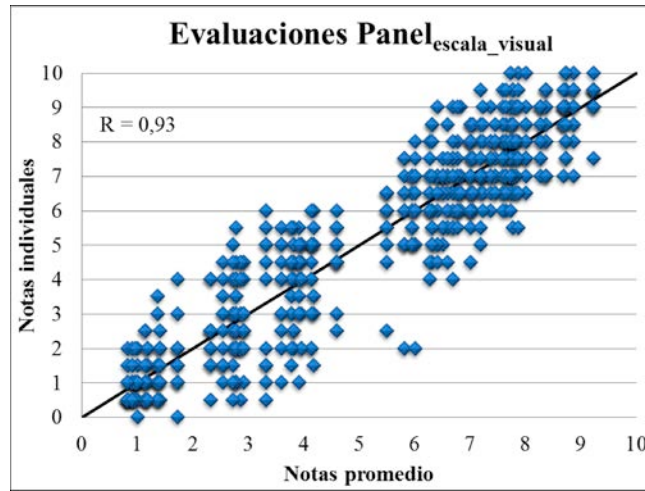


Figura 8. Gráfico de correlación de las notas del panel<sub>escala visual</sub> de la tercera evaluación

Por el gráfico se verificó que la correlación del panel<sub>escala\_visual</sub> sufrió una insignificante variación en comparación con las dos primeras evaluaciones, pasando del 94% al 93%.

Esto demuestra nuevamente que las evaluaciones con la escala visual son estables a lo largo del tiempo y, por lo tanto, puede ser utilizada en las evaluaciones subsecuentes, con un nivel de confiabilidad satisfactorio.

### 6.4 Prueba Kolmogorov-Smirnov

Como se trata de una prueba para comparar los paneles, la prueba K-S fue realizada solo para las dos primeras evaluaciones, ya que la tercera fue aplicada apenas para el panel<sub>escala\_visual</sub>.

Los dos paneles eran compuestos por 11 miembros ( $n = 11$ ), así que el  $K_d$  correspondiente fue 8. Siendo así se alcanzó el valor  $D_{crítico} = 0,73$  para el nivel de significación de  $\alpha = 0,01$ . Los resultados de la prueba para las dos primeras evaluaciones están presentados en las Figuras 9 y 10.

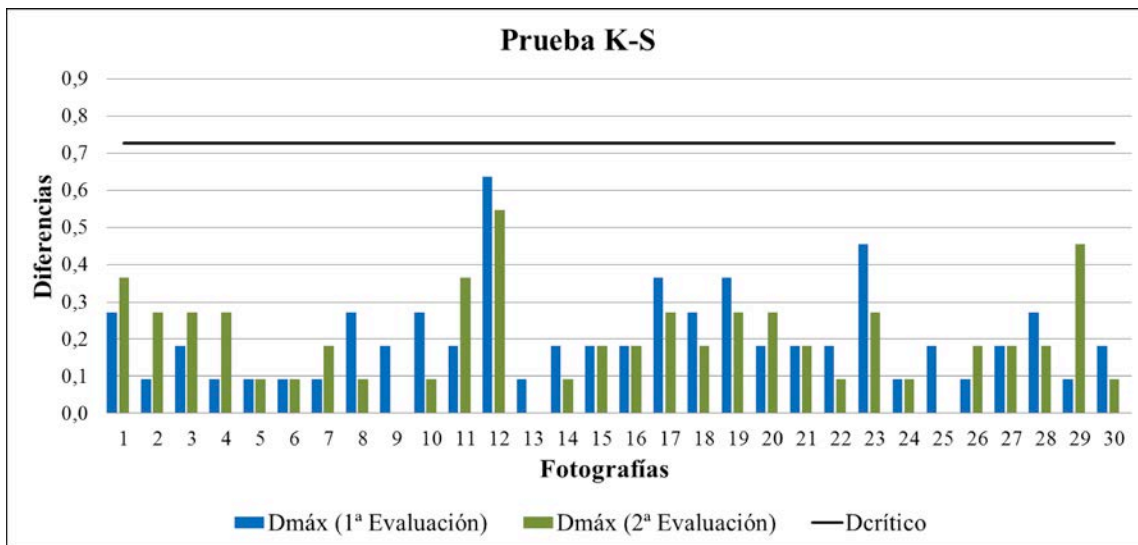


Figura 9. Resultados de la Prueba K-S en las dos primeras evaluaciones (fotografías 1 a 30)



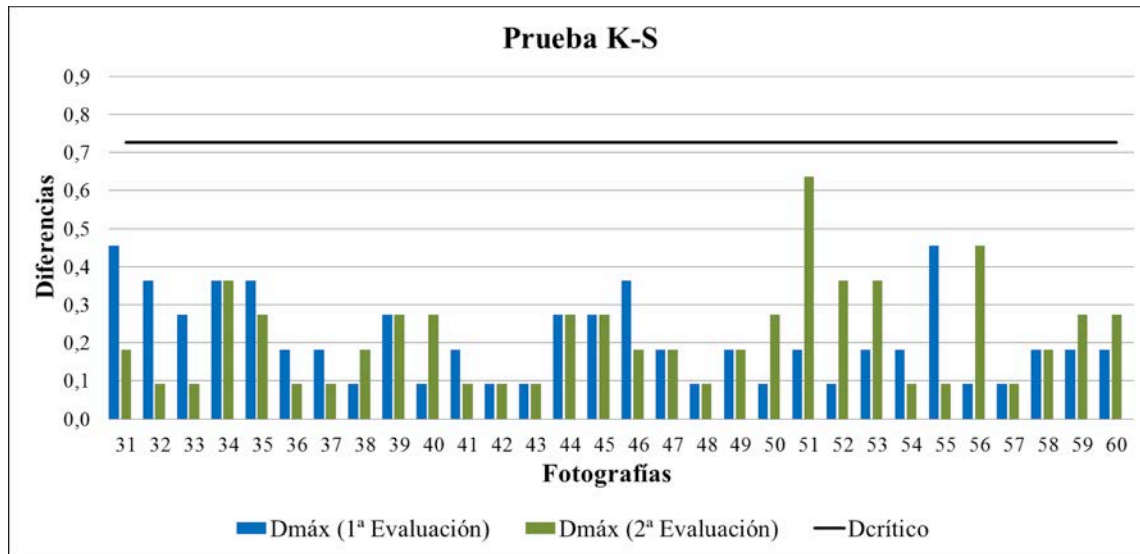


Figura 10. Resultados de la Prueba K-S en las dos primeras evaluaciones (fotografías 31 a 60)

A partir del análisis de los resultados de la prueba, una vez que para todas las fotografías los valores del  $D_{máx}$  quedaron abajo del  $D_{crítico}$ , se verificó que para las dos evaluaciones fue aceptada la hipótesis  $H_0$ , es decir, las evaluaciones de los dos paneles pueden ser consideradas como equivalentes.

## 7. Conclusión

En este estudio fue posible probar, para fines de validación en oficina, una escala visual desarrollada con fotos de diferentes condiciones de la superficie del pavimento. Así que, se pudo constatar que los evaluadores de cada panel, separadamente, presentan coherencia entre sí, teniendo en cuenta el valor satisfactorio del coeficiente de correlación obtenido. Además, cuando comparados los dos paneles, se constató también una coherencia entre ellos, ya que las correlaciones obtenidas fueron cercanas.

Entretanto solamente el análisis del coeficiente de correlación no es suficiente, por lo tanto es importante analizar la desviación para cada panel. En este aspecto se percibe el efecto del uso de la escala visual como referencia, siendo que para el panel<sub>escala\_visual</sub> los valores de desviación estándar se presentaron menores en relación a los del panel<sub>info\_básica</sub>, lo que permite concluir que es posible utilizar la escala como

herramienta en el proceso de evaluación subjetiva de pavimentos.

Todavía cabe señalar que la escala visual utilizada es estable a lo largo del tiempo, pues en todas las tres evaluaciones con el panel<sub>escala\_visual</sub> el coeficiente de correlación permaneció prácticamente constante, variando entre el 94% y el 93%.

Para complementar el análisis estadístico se realizó la prueba de hipótesis Kolmogorov-Smirnov, por lo cual se pudo concluir que las evaluaciones de los dos paneles pueden ser consideradas equivalentes, puesto que para todas las fotografías se aceptó la hipótesis nula.

Comparando los valores de correlación y los resultados de la prueba K-S para cada panel, se concluyó que los dos modos de evaluación pueden ser utilizados en oficina, dado que la coherencia de las evaluaciones ha sido satisfactoria con ambos procedimientos.

Se debe agregar que se planea un estudio en campo para dar continuidad al proceso de validación, a fin de verificar si hay alguna divergencia o necesidades de ajustes.

## 8. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Estadual de Londrina, beca ofrecida por la CAPES y al CNPq por financiar esta investigación (proceso n°408409/2016-9).



## 9. Referencias

- Arguelles G. A., Fuentes, L. G. Aldana L. M. T. (2011)**, Revisión del sistema de gestión de pavimentos de la red ciclorrutasde Bogotá. *Revista Ingeniería de Construcción*, 26(2), 150-170, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732011000200002>.
- Bertollo S. A. M. Fernandes J. L. Jr. (1997)**, Método estocástico para previsão de desempenho e sua utilização em Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos. *Anais XI ANPET – Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes*, (pp. 357-369). Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Carey W. N., Irick P. E. (1960)**, The Pavement Serviceability – Performance Concept. *Highway Research Board Record*, 250, 40-58.
- Fontenele H. B., Fernandes J. L. Jr. (2013)**, Desenvolvimento de um Instrumento para Avaliação da Condição de Estradas não Pavimentadas. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 7(1), 11-21, <https://doi.org/10.5216/reec.v7i1.21413>.
- Fontenele H. B., Silva C. A. P. da Jr., Piton C. L. (2007)**, Análise De Coerência de Avaliações Subjetivas. *Synergismus Scyentifica UTFPR*, 2(1), 12-18.
- Hartgen D. T., Shufon J. J., Parrella F. T., Koeppel K. W. P. (1982)**, Visual Scales of Pavement Condition: Development, Validation, and Use. *Transportation Research Record*, 893, 1-6.
- Has R., Hudson W. R., Zaniewski J. (1994)**, *Modern Pavement Management*. Malabar, Florida: Krieger Publishing Company.
- Hosten A. M., Bryce J., Priddy L. P., Flintsch G. W., Izeppi E. L., 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, USA.
- Oliveira F. M. de, Silva C. A. P. da Jr., Fontenele H. B. (2013)**, Desenvolvimento de escala visual para avaliação da condição da superfície de vias urbanas. *Conexões: Ciência e Tecnologia*, 7(1), 31-47.
- Oliveira J. J. de, Lopes S. B., Souza V. H. M. de, Pereira C. R., Fernandes J. L., Jr. (2012)**, Implantação de Um Sistema Dinâmico de Gerência de Pavimentos Urbanos (SDGPU) em Cidade de Médio Porte. *Anais PLURIS - Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável*. Brasília, DF, Brasil, <https://doi.org/10.13140/2.1.1446.5287>.
- Páez E. M. A., Lopes S. B., Fernandes J. L. Jr. (2015)**, Índice de Condição do Pavimento para Aplicação em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos. *Anais do XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET)*, (pp. 101-112). Ouro Preto, MG, Brasil.

