

AValiação Funcional de Pavimentos Urbanos: Estudo de Caso em Valparaíso de Goiás

Lorena Nunes de Macena

Fábio Zanchetta

Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

RESUMO

A malha viária de um município representa uma parcela significativa do seu patrimônio, portanto, deve ser adequadamente mantida. Uma ferramenta que auxilia a tomada de decisão com base em critérios racionais é um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU. Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado em Valparaíso de Goiás/GO. Foram avaliados 150 segmentos de pista e realizadas avaliações subjetivas e objetivas, ambas com notas variando de 0 a 100, sendo 100 para o pavimento em condição muito boa. Na avaliação objetiva foram avaliados 10 defeitos, com suas respectivas severidade e extensão. A análise se baseou na estatística descritiva e no teste de hipótese *t* de *Student*, com 95% de confiança. Os resultados apresentaram um valor médio para a avaliação subjetiva de 76 e de 83 para a objetiva. Pode-se concluir, com base nos resultados encontrados, que as avaliações subjetiva e objetiva não são equivalentes, mas sim complementares.

1. INTRODUÇÃO

As vias pavimentadas, sejam as rodovias em área rural ou a malha viária de um município, representam investimentos realizados pela sociedade ao longo do tempo, tanto na construção quanto na manutenção desse patrimônio. Em ambos os casos, são mais comuns as atividades de conservação viária que se baseiam em remendos (tapa-buracos) e recapeamentos. São menos comuns atividades de manutenção preventiva, como microrrevestimentos ou lama asfáltica. Em países desenvolvidos são priorizadas as atividades de manutenção preventiva, pois possuem custo menos elevado e, ainda, ampliam a durabilidade das vias, com benefícios para toda a sociedade.

Conforme apresentado por Haas *et al.* (1994), um Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP (ou SGPU, para pavimentos urbanos) é um conjunto de ferramentas para a análise racional de toda a vida útil de um pavimento. As principais etapas de um SGP incluem desde a escolha de materiais e definição das espessuras das camadas da sua estrutura, o controle tecnológico durante a construção, até as avaliações em campo para acompanhamento do desempenho, sugestão das atividades de Manutenção e Reabilitação – M&R, análise econômica das alternativas de intervenção e escolha daquela mais eficiente.

A fim de contribuir para o avanço na maneira como são gerenciados os recursos financeiros para manutenção de pavimentos urbanos no Brasil, inicialmente para o Município de Valparaíso de Goiás, esta pesquisa analisa a etapa de avaliação de campo, primordial para a escolha da estratégia de intervenção mais adequada, com possível redução de custos na conservação viária e melhoria da condição das vias pavimentadas.

2. ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de fomentar a implantação e uso continuado de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos - SGPU em cidades brasileiras, este trabalho apresenta a etapa inicial de um projeto de pesquisa realizado no Município de Valparaíso de Goiás. Foi avaliada uma amostra de segmentos de pista, por meio de avaliações subjetiva e objetiva. Os resultados serão apresentados e analisados. Também será realizado teste de hipótese com a estatística *t* - *Student*. A hipótese *H*₀ a ser testada considera que a diferença entre as médias dos valores de

ICP objetivo e subjetivo é nula para uma confiança de 95%.

2.1 Definição do Local de Estudo

Esta pesquisa visa fornecer subsídios para que Prefeituras Municipais da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal (RIDE/DF, atual Região Metropolitana/DF) possam implantar um SGPU. Em 2015 foi realizado o primeiro fórum da RIDE/DF, organizado e sediado no Município de Valparaíso de Goiás. Em decorrência dessa posição de liderança na RIDE/DF, este município foi selecionado para que fosse realizado um estudo piloto para viabilizar a implantação de um SGPU.

Foi realizado contato inicial por telefone junto à Prefeitura Municipal. Houve manifestação de interesse em participar da pesquisa. Em seguida foram realizados encontros entre pesquisadores da Instituição de Ensino Superior e técnicos da Prefeitura Municipal. Nessa ocasião foram definidos os termos da cooperação técnica e as contrapartidas. Com base na experiência da equipe técnica da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Habitação e Serviços Urbanos, foi definido o bairro no qual seriam realizadas as primeiras avaliações de campo. O bairro Jardim Oriente foi escolhido.

2.2 Escolha da Amostra

O bairro Jardim Oriente fica próximo à Rodovia BR-040. Sua ocupação é caracterizada por lotes residenciais e comerciais. O comércio é diversificado, com pequenas indústrias (serralherias e serrarias) e prestadores de serviços, como supermercados, farmácias e padarias. Em função da posição geográfica do bairro e de sua característica territorial, foi possível identificar diferentes hierarquias viárias (arterial, coletora e local). Adicionalmente, conforme os técnicos da Prefeitura informaram, havia segmentos de pista em diferentes estados de conservação, desde aqueles em condição muito boa, recém recapeados, até outros em condição muito ruim, em avançado estágio de deterioração. Os 150 segmentos de pista avaliados podem ser identificados na Figura 1.

Normalmente, um SGPU é auxiliado por um Sistema de Informação Geográfica com aplicações em Transportes (SIG-T). Como a Prefeitura Municipal ainda não possui uma base de dados georreferenciada, foi utilizado um mapa disponível na internet para marcar os segmentos de pista a serem avaliados. Em um SIG-T são definidos os “nós”, que são os pontos de cruzamento entre duas vias. O comprimento entre dois nós consecutivos é definido como sendo um segmento de pista. O mesmo conceito foi aplicado nesta pesquisa.

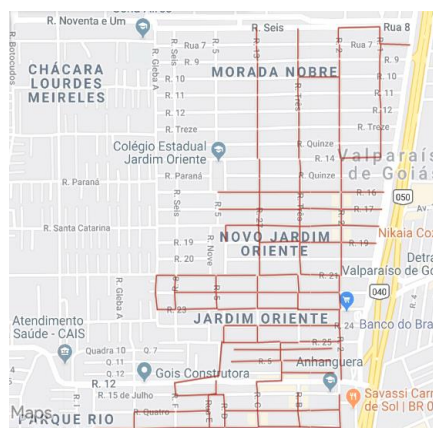


Figura 1: Mapa da região e demarcação dos segmentos de via avaliados

2.3 Avaliação em Campo

A equipe de avaliadores foi composta por 3 integrantes, dos quais 2 são estudantes de graduação em Engenharia Civil, cursando o último período do curso e familiarizados com SGPU e, um avaliador experiente, professor da disciplina de Sistema de Gerência de Pavimentos. Houve um treinamento antes da ida à campo, com avaliações realizadas pelos 3 pesquisadores. Foram revistos os principais conceitos e calibrados os critérios para avaliações subjetivas e objetivas. As avaliações em campo foram realizadas nos dias 31/05/2019 e 04/06/2019, durante o período da tarde, com adequada iluminação natural, tempo limpo, sem nuvens. O registro das avaliações foi realizado em formulário próprio para este fim, com preenchimento à caneta, para posterior inclusão em sistema informatizado.

Nesta pesquisa, a avaliação subjetiva foi realizada com base no conceito de Valor de Serventia Atual (VSA), do original em inglês, *Present Serviceability Rating (PSR)*, definido por Carey e Irick (1960) durante o *AASHO Road Test*. A escala para as notas do *PSR* era entre 0 e 5, sendo 5 a nota para um trecho em condição muito boa. Na presente pesquisa, o avaliador caminha ao longo do segmento de pista e atribui uma nota subjetiva entre 0 e 100.

A avaliação objetiva identifica o tipo de defeito, sua severidade e extensão. Os defeitos avaliados foram definidos seguindo o Manual de Identificação de Defeitos do *Strategic Highway Research Program – SHRP* (1993). A nota de cada segmento foi calculada com a dedução de pontos, similar ao *Pavement Condition Index – PCI*, apresentado pelo corpo de engenheiros do exército dos Estados Unidos - Headquarters (1982). A nota objetiva pode variar entre 0 e 100. Dos 15 defeitos do Manual *SHRP*, apenas 10 foram considerados nesta pesquisa, pois alguns defeitos possuem mecanismo de formação em função de congelamento por exemplo, ou são exclusivos de rodovias rurais, como o defeito desnível pista-acostamento. Cada defeito pode ter uma dedução de pontos de, no máximo, 10 pontos, de modo que o máximo de pontos dedutíveis é igual 100.

Para o cálculo da nota objetiva faz-se o somatório dos pontos deduzidos de cada defeito e subtrai-se de 100, que é a nota inicial de um segmento em condição muito boa. A Equação 1 ilustra o processo de obtenção do ICP Objetivo.

$$ICP = 100 - \sum D_{ij} \quad (1)$$

em que: ICP = Índice de Condição do Pavimento;
D = Tipo de Defeito;
i = nível de severidade de cada defeito;
j = nível de extensão de cada defeito.

3. RESULTADOS

Os valores anotados nas planilhas das avaliações de campo foram digitados e organizados em tabelas e figuras. Na Tabela 1 pode-se observar que a avaliação subjetiva tende a ser mais rigorosa. Dos 150 segmentos avaliados, o ICP subjetivo médio foi 76 e o objetivo foi 83. Os valores mínimos de ICP foram de 40 e 51 para as avaliações subjetiva e objetiva, respectivamente. O valor mais elevado de ICP subjetivo foi 95 e, do ICP objetivo foi 98.

Quando se analisa a quantidade de segmentos em cada categoria de condição (muito bom até muito ruim), nota-se que a avaliação objetiva possui mais segmentos nas melhores condições. Na avaliação objetiva não foram encontrados segmentos de pista nas condições ruim ou muito

ruim e 89% das vias estão em condição boa ou muito boa. Na avaliação subjetiva 63% dos segmentos estão condição boa ou muito boa, 33% em condição regular e 4% em condição ruim.

Tabela 1: Resultados das avaliações em campo

| | ICP Subjetivo | ICP Objetivo |
|--------------------------------|---------------|--------------|
| ICP Médio | 76 | 83 |
| ICP Mínimo | 40 | 51 |
| ICP Máximo | 95 | 98 |
| Muito Bom (ICP entre 91 e 100) | 19 (13%) | 38 (25%) |
| Bom (ICP entre 71 e 90) | 75 (50%) | 96 (64%) |
| Regular (ICP entre 51 e 70) | 50 (33%) | 16 (11%) |
| Ruim (ICP entre 31 e 50) | 6 (4%) | 0 |
| Muito Ruim (ICP entre 0 e 30) | 0 | 0 |

Na Figura 2 é apresentada a relação entre o ICP Subjetivo e Objetivo. A linha inclinada representa a correspondência perfeita entre o ICP subjetivo e objetivo. É possível confirmar que os valores subjetivos são inferiores aos objetivos. Critérios adicionais ao ICP objetivo, tais como pesos diferentes para os defeitos mais importantes ou mais frequentes podem aproximar os valores do ICP subjetivo e objetivo.

A correlação entre os valores de ICP subjetivo e objetivo foi 0,88, que é um valor forte, porém, ao realizar teste hipótese, com a estatística *t - Student*, foi rejeitada a hipótese de que as médias dos valores de ICP objetivo e subjetivo não possuem diferenças, para uma confiança de 95%.

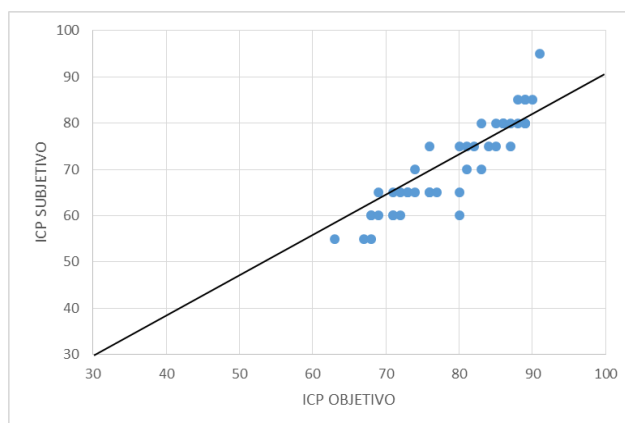


Figura 2: ICP Subjetivo x ICP Objetivo

Em relação aos defeitos encontrados nos 150 segmentos de pista, os detalhes são apresentados na Tabela 2. O defeito mais frequente é o desgaste, encontrado em 99% dos segmentos. Agregados polidos foi identificado em 62% dos segmentos, o que pode ser explicado pelo fato da região possuir agregado de origem calcária, com baixa resistência mecânica e susceptível ao processo de abrasão em função do tráfego dos veículos. Os defeitos trincas por fadiga, panelas e remendos ocorrem em 63, 52 e 75%, respectivamente, o que sugere que as vias estão, em geral, se degradando conforme o mecanismo de deterioração de pavimentos

proposto por Yoder e Witczak (1975). É possível também inferir que as vias urbanas recebem, de modo predominante, manutenção corretiva (remendos).

Os resultados das avaliações em campo também foram analisados por meio de teste de hipótese com a estatística *t-Student*, com grau de confiança de 95%. Ao final da análise a hipótese nula foi rejeitada, admitindo-se, portanto, que há diferença entre o valor médio do ICP objetivo e do ICP subjetivo. Pode-se considerar a necessidade de ajustes nos critérios das avaliações objetivas a fim de compatibilizá-la com a avaliação subjetiva.

Tabela 2: Tipos de Defeito e Frequência de Ocorrência

| Tipo de Defeito | Frequência de Ocorrência |
|-----------------------|--------------------------|
| Trincas por Fadiga | 63% |
| Panelas | 52% |
| Remendos | 75% |
| Desgaste | 99% |
| Agregados Polidos | 62% |
| Deformação Permanente | 17% |
| Corrugação | 4% |
| Trincas Longitudinais | 7% |
| Defeitos nos Bordos | 8% |

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa foram realizados levantamentos de campo para obtenção da condição das vias pavimentadas. As avaliações foram subjetivas e objetivas. Os resultados encontrados são parte de um estudo de fomento à implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos em cidades brasileiras.

As notas de ICP objetivo são, em geral, mais elevadas do que as notas de ICP subjetivo. Uma possível explicação é o fato de que alguns segmentos de pista possuem poucos defeitos, porém, com extensão e severidade altas, de modo que mesmo com a dedução dos pontos na avaliação objetiva, ainda assim, a avaliação subjetiva apresenta valor inferior.

Os defeitos mais frequentes foram o desgaste (99%), agregados polidos (62%), trincas por fadiga (63%), panelas (52%) e remendos (75%). Pode-se concluir pela quantidade de remendos, que a atividade de manutenção mais frequente no município é do tipo corretiva. O polimento dos agregados se deve, em parte, pela origem calcária da rocha mãe, frágil.

Após realização de teste de hipótese, foi rejeitada a hipótese nula, cuja premissa era de que não havia diferença entre o valor médio do ICP subjetivo e ICP objetivo. Assim, conclui-se que as avaliações objetivas e subjetivas não são equivalentes, mas sim complementares.

Como recomendações, sugere-se que seja implementado um SGPU, com avaliações rotineiras, inclusão de manutenções preventivas nas atividades de manutenção e reabilitação, com aumento da vida útil das vias pavimentadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro, à Prefeitura Municipal de Valparaíso de Goiás pelo aceite em participar desta pesquisa e ao PET Engenharia Civil e Ambiental da UnB pelo fomento à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carey, W. N. e Irick, P. E. (1960). *The Pavement Serviceability. Performance Concept*. Highway Research Board Bulletin 250, p.40-58.
- Haas, R.; Hudson, R. W. e Zaniewsk, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Editora Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- HeadQuarters, Department of the Army (1982). *Pavement Maintenance Management*. Technical Manual TM 5-623. Washington, DC.
- SHRP (1993). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Studies*. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D.C.
- Yoder, E. J., Witczak, M. W. (1975). *Principles of Pavement Design*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc.

Lorena Nunes de Macena (lorena.nmacena@gmail.com)
Fábio Zanchetta (fabio.zanchetta@unb.br)
Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - ENC
Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte, DF, Brasil