XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO
VIII ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
Do conhecimento à ação: práticas avançadas de gestão da produção
Londrina, Paraná, Brasil. 23 a 25 de Outubro de 2019

AVALIAÇÃO PÓS-OBRA: ESTUDO DE CASO DE CICLOVIAS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE INSPEÇÃO

POST CONSTRUCTION EVALUATION: STUDY CASE OF BIKE PATH THROUGH INSPECTION METHODOLOGY PROPOSED

HORA, Karoline Matos da (1); ALVARENGA, Marianna Campos (2); SILVA JÚNIOR, Antonildo Campos da (3); PEREIRA, Cláudio Henrique de Almeida Feitosa (4)

(1) Universidade de Brasília, (61) 992362326, karolinemhora@gmail.com (2) Universidade de Brasília, mariannaalvarenga15@gmail.com, (3) Universidade de Brasília, ajrcampos12@gmail.com, (4) Universidade de Brasília, claudiopereira@unb.br

ABSTRACT

The Brazilian cities have many problems associated to urban mobility. Various policies have been created to encourage the use of bicycles for all the country. Because it is a relatively new modal when compared to road pavements, it is difficult to find reliable references regarding planning, design, execution, evaluation and maintenance for bicycle paths. This paper proposes a new evaluation methodology for rigid pavement of bicycle paths located in Brasília – DF. This evaluation is done post construction. It aims to know the pavement conditions and to help in decisions related to the maintenance phase. Besides that, it is purpose to be a parameter to the future projects. The chosen areas were called Eixo Monumental/Esplanada, Asa Norte and UnB. These places were chosen because they are older and more used. The proposed methodology approaches three phases: measurement of degradation, total damage factor survey and obtaining the cycle damage factor – FDC, this being the main objective of the work. It was possible to identify the anomalies in pavements. Finally, it was noticed that samples from the 5-year-old group were more damaged.

Keywords: *Bike Path, Damage Assessment, Pathological Manifestations, Inspection Methodology, Post Construction Evaluation.*

1 INTRODUÇÃO

Em tempos de grande desenvolvimento tecnológico, as grandes cidades ainda enfrentam graves problemas referentes mobilidade urbana. As bicicletas se apresentam como alternativa e a construção de ciclovias tem aumentado no mundo todo. Por se tratar de um modal relativamente novo quando comparado aos pavimentos rodoviários, destaca-se a dificuldade na obtenção de referências técnicas confiáveis.

Portanto, é necessário estudar as etapas do ciclo de vida desses pavimentos, especialmente a fase de manutenção. As decisões tomadas nessa etapa devem ser baseadas nos danos apresentados pelo pavimento, considerando o custo e a vida útil.

HORA, K.M.; ALVARENGA, M.C.; SILVA JÚNIOR, A.C.; PEREIRA, C.H.A.F. Avaliação pós-obra: estudo de caso de ciclovias através de aplicação de metodologia de inspeção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 11., 2019, Londrina. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://www.antaceventos.net.br/index.php/sibragec/sibragec2019/paper/view/413

Além disso, a existência de um parâmetro a ser incluído na etapa de projeto auxiliaria na tentativa de prevenir o aparecimento de manifestações patológicas.

O ICP (Índice de Condição de Pavimento) é utilizado para pavimentos rígidos de rodovias e foi adotado pelo DNIT como o parâmetro de avaliação desses pavimentos. Setyawan et al. (2015) relacionou o ICP (Índice de Condição de Pavimento) com a vida útil. Outros trabalhos baseiam a tomada de decisões de manutenção nesse mesmo índice, como em Loprecipe e Pantuso (2017) e Kelly et al. (2016). No caso específico de ciclovias, Antunes (2015) estudou a aplicação do ICP para o pavimento dessas estruturas e percebeu a necessidade de adaptar esse índice ou desenvolver uma nova metodologia.

Portanto, o presente trabalho tem por objetivo propor uma nova metodologia de inspeção que permita avaliar e quantificar os danos de pavimentos rígidos de ciclovias localizadas em Brasília – DF, de modo a conhecer as condições pós-obra desse tipo de estrutura para auxiliar na tomada de decisões relacionadas as manutenções e ao desenvolvimento de projetos de expansão da malha cicloviária.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A avalição pós-uso na construção civil vem sido amplamente discutida, principalmente por conta dos diversos problemas de desempenho apresentados em edificações com pouco tempo de vida útil, tendo como referência a ABNT NBR 15575:2013 – Edifícios habitacionais – Desempenho. Porém, há uma grande lacuna visto que ela se aplica apenas a edificações habitacionais, não havendo recomendações normativas para outros tipos de edificações e estruturas urbanas, sendo necessário adequações e o desenvolvimento de novas metodologias. Por meio das informações obtidas nessas avaliações, acredita-se que os resultados possam orientar nas intervenções de manutenção. Além disso, podem servir como novos parâmetros de planejamento, na retroalimentação do processo construtivo. (CAMPOS, 2010).

O parâmetro utilizado para avaliação de danos em pavimentos rígidos é o ICP, proposto no Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos (DNIT, 2010), que considera o tipo, a severidade e a densidade dos possíveis defeitos que podem aparecer.

Setyawan et al. (2015) propôs uma correlação entre o ICP e a vida útil de pavimentos na Indonésia. Loprecipe e Pantuso (2017) avaliaram o nível de serviço de pavimentos rodoviários urbanos na Itália e concluíram que o uso desse índice é adequado para esse tipo de pavimento. Michels (2017) encontrou os valores de ICP para diversos pavimentos em Kentucky, relacionando com as manutenções já realizadas e as futuras.

No estudo de Corazza et al. (2016), o ICP foi adaptado para ser utilizado nas calçadas em Roma que não recebiam nenhum tipo de manutenção regular. Tawalare e Raju (2016) também fizeram uma adequação para caracterizar danos em pavimentos rurais e auxiliar na tomada de decisões no plano de manutenções.

Especificamente para ciclovias, somente Antunes (2015) aplicou o ICP para essas estruturas e constatou a necessidade de adaptações para que esse parâmetro as representasse de modo satisfatório.

3 METODOLOGIA

O objeto de estudo escolhido para avaliação pós-obra foi o pavimento rígido da ciclovia, por se tratar de um modal que vem ganhando espaço devido à necessidade de melhoria da mobilidade urbana. A pesquisa se deu em duas etapas: levantamento das áreas de estudo das ciclovias e desenvolvimento e aplicação da Metodologia de Avaliação de Pavimento Rígido de ciclovia.

3.1 Levantamento das áreas e escolha das amostras de estudo das ciclovias de pavimento rígido de concreto

Inicialmente, fez-se o levantamento da malha cicloviária do Distrito Federal e a quantificação da extensão das ciclovias executadas com pavimento rígido (concreto), identificando que grande parte dessa malha se encontrava na Asa Norte; Asa Sul; Eixo Monumental e o Campus Darcy Ribeiro da UnB.

Os trechos escolhidos das áreas de estudo foram nomeados de acordo com a sua localidade seguida de uma numeração específica, a qual identifica a sequência da inspeção realizada em cada trecho. Na Figura 1 é apresentado o mapeamento e a identificação de cada trecho estudado (AZUL – Eixo Monumental/Esplanada, AMARELO – UnB e VERMELHO – Asa Norte) e na Tabela 1 apresentadas as características de cada um desses trechos.

Figura 1 – Identificação dos trechos das áreas de estudo da malha de pavimentos rígidos de ciclovia



Fonte: SILVA JÚNIOR (2018)

Tabela 1 – Principais informações dos trechos estudados

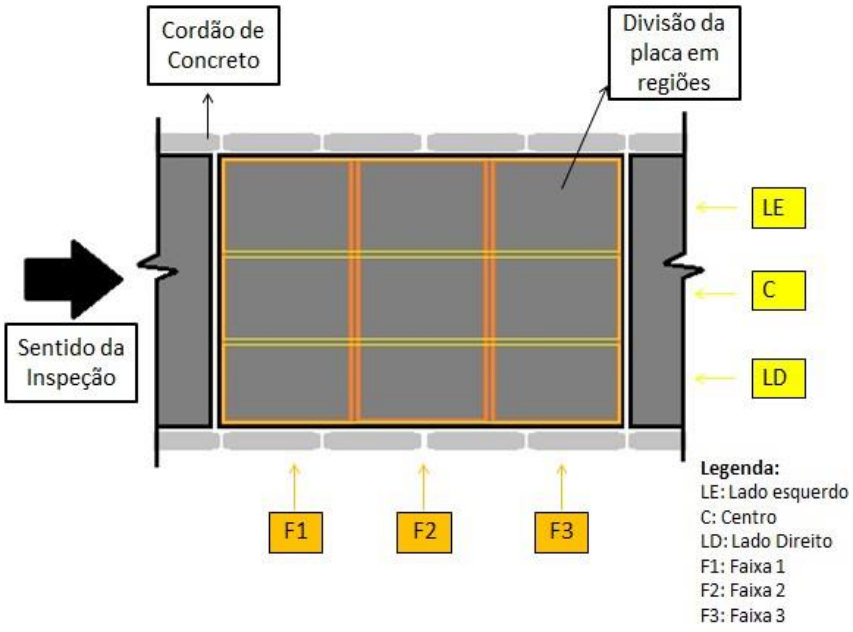
Área de Estudo	Código	Número de Trechos	Extensão km
Eixo Monumental – Azul	E1; E2; E3; E4; E.M. 5;	5	12,93
Asa Norte – Vermelho	A.N L1; A.N L2; A.N W1;	3	14,18
UnB - Amarelo	1 UnB; 2 UnB; 3 UnB; 4 UnB; 5 UnB;	5	7,38
		Total km	34,4
		% da malha cicloviária inspecionada	8,2%

As inspeções foram realizadas no mês de agosto de 2017. A ordem das áreas de estudos inspecionada foi: Campus Darcy Ribeiro – UnB; Asa Norte, e por fim o Eixo Monumental e Esplanada dos Ministérios.

Foram observadas as seguintes manifestações patológicas presentes no pavimento: Fissura Transversal (FT), Fissura Longitudinal (FL), Fissura Diagonal (FD), Fissura de Canto (FC), Fissura por Retração Plástica (FRP), Quebra Localizada (QL), Quebra de Canto (QC), Esborcinamento de Juntas (ESB), Manchas (MAN), Alçamento de Placas (AP), Buracos (BU), Desgaste Superficial (DS) e Placa Dividida (PD).

Cada amostra é composta pelo conjunto de 20 placas, referente a uma área de 150 m². Uma placa corresponde a uma área quadrada ou retangular delimitada pelo o corte das juntas. Para a classificação e mapeamento das manifestações patológicas durante o levantamento inicial, foi proposto uma divisão das placas por regiões conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema de divisão da placa por regiões para levantamento inicial das manifestações patológicas das ciclovias



Fonte: SILVA JÚNIOR (2018)

3.2 Fatos de Dano de Ciclovia (FDC)

Utilizou-se a combinação de metodologias existentes, utilizando os parâmetros aplicáveis, para esse modal, do Índice de Condição de Pavimento – ICP (DNIT, 2010), e a Metodologia de Mensuração da Degradação – MMD e Fator Geral de Danos - FGD (Silva, 2014; Santos, 2018; Souza, 2016), com algumas modificações para contemplar características importantes na avaliação da degradação das ciclovias. Por fim é gerado o indicador chamado de Fator de Danos de Ciclovia – FDC. Esse indicador faz a ponderação de pontos necessários para a avaliação da condição da degradação dos pavimentos rígidos de ciclovia e tem seu modelo de cálculo apresentado na Equação 5.

$$FDC = \frac{\sum(A_{d(n)} \times C_{nA} \times C_P \times C_{nS})}{\sum C_{Amáx} \times A_t} \quad (5)$$

onde, Ad(n) = área danificada por uma anomalia — n (m²);

CnA = constante de ponderação das anomalias — n, em função do nível de condição, onde Cn Є {1,2,3,4};

CP = Quantidade de placas afetadas em cada amostra (0 – 20);

CnS = somatório das constantes de ponderação da severidade das anomalias detectadas, sendo (1 – Baixo; 3 – Médio, 6 – Alto);

ΣCAmáx = somatório das constantes de ponderação equivalente ao nível da pior condição, usa-se o valor 19 (4+ 4 + 3 + 4 + 4) – (Quebra Localizada, Fissura de Canto, Fissura por Retração Plástica, Fissuras Lineares, Placa Dividida).

At = Área total da amostra da ciclovia (m²).

Os conceitos que foram utilizados para FDC (Péssimo; Ruim; Razoável; Bom e Excelente) são mostrados na Tabela 2

Tabela 2 – Conceitos de FDC utilizados neste estudo

	FDC
5 - Excelente	0,00 - 0,06
4 - Bom	0,07 - 0,45
3 - Razoável	0,46 - 1,29
2 - Ruim	1,30 - 3,49
1 - Péssimo	> 3,49

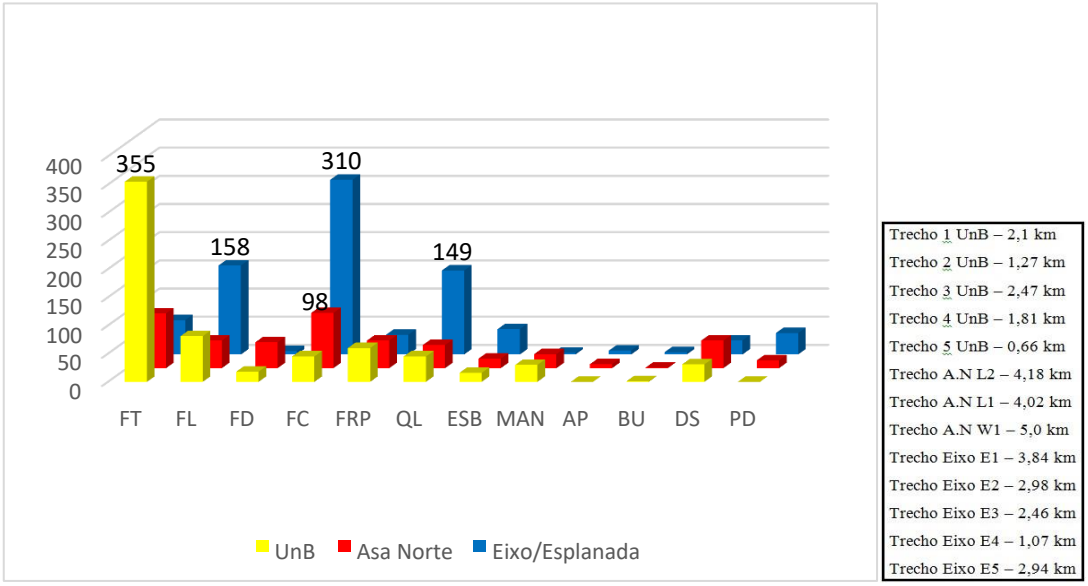
Fonte: SILVA JÚNIOR (2018)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta a quantificação das manifestações patológicas nos trechos estudados.

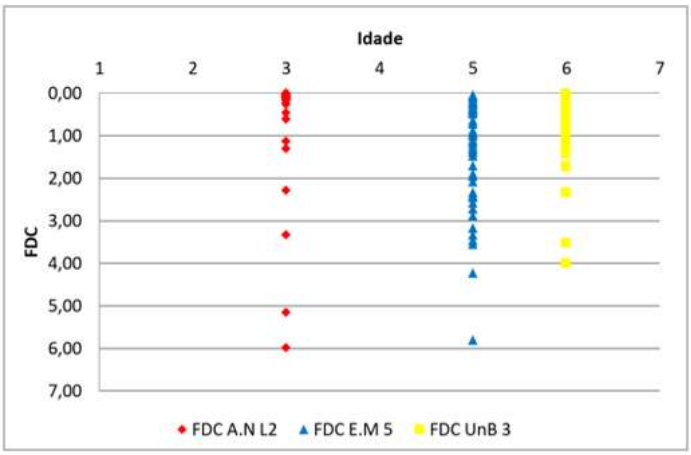
Analisando a Figura 3, observa-se que o Eixo Monumental/Esplanada dos Ministérios apresentou maior densidade de manifestações patológicas, com o total de 843 incidências. É importante frisar que, apenas em um trecho dessa área de estudo, o trecho E.M. 5 (Esplanada dos Ministérios), representa mais do que 50% da quantidade de incidências de toda a área. Em seguida vem a área da UnB, como o total de 799 incidências em suas ciclovias. Por último, a área da Asa Norte teve como total 493 incidências, sendo o trecho A.N L2 aquele com maior quantidade de incidências. Esses trechos com maiores incidências foram escolhidos para a aplicação do FDC, na Figura 4 são apresentados os resultados dessa proposta.

Figura 3 - Quantificação da incidência para cada manifestação patológica nas diferentes áreas



Fonte: SILVA JÚNIOR (2018)

Figura 4 - Resultados de FDC para todas as amostras de cada grupo de idade

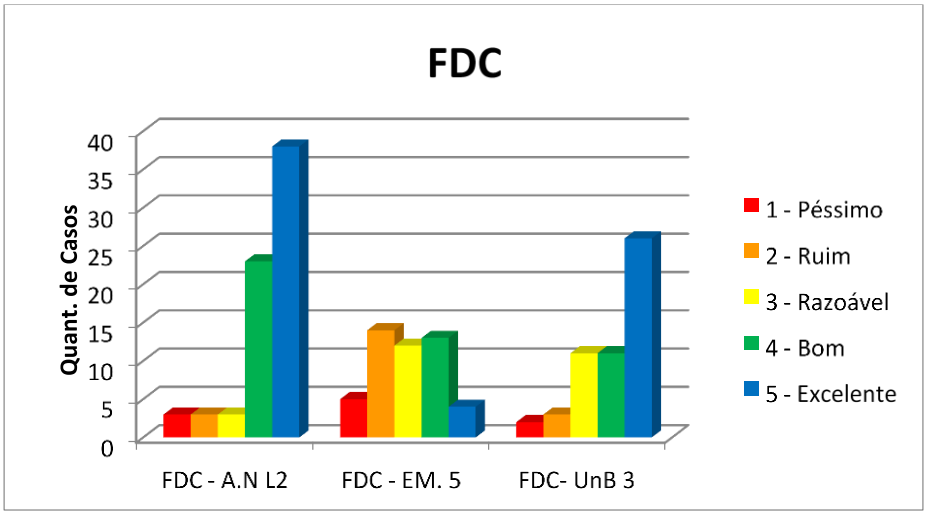


Fonte: SILVA JÚNIOR (2018)

O grupo das amostras com 5 anos, apresentam uma condição mais danificada, sendo esse um fato diferente da normalidade dos estudos de degradação, onde as amostras com mais idade de execução, sãos as que apresentariam danos maiores em relação às amostras mais novas.

Como análise complementar, na Figura 5, são mostrados os resultados de FDC para as diferentes áreas de estudos, consequentemente, pelos diferentes grupos de idade, classificando as amostras de acordo com a condição de degradação.

Figura 5 - Quantidade de casos de FDC de acordo com a condição de degradação de cada área de estudo



Fonte: SILVA JÚNIOR (2018)

Numa avaliação geral se observa a diminuição das amostras classificadas como excelente e o aumento das amostras como ruim na área de estudo com 5 anos em relação as outras estudadas, assim se configurando com área de estudo mais degradada. As amostras do trecho 3 UnB (6 anos) apresenta uma quantidade de amostras classificadas como —Bom e —Razoável parecida com E.M 5, no entanto a quantidade de amostras com classificação — Excelente é muito maior, e para as amostras —Ruim esses valores são menores. Para as amostras da área de estudo A.N L2 (3 anos) é a menos danificada de todas, observa-se uma grande quantidade de amostras classificadas como —Excelente e — Bom, já para as outras classificações obtiveram 3 amostras para cada uma.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia do Fator de Danos de Ciclovia (FDC) se mostra adequada para mensurar os danos nos pavimentos rígidos de ciclovia, pois considera as características particulares desse tipo de estrutura.

Os resultados de FDC demostram que o grupo de amostras das ciclovias com 5 anos (E 5) apresenta maior danos do que as amostras com 3 anos (A.N L2) e 6 anos (UnB 3), o que contraria a condição normal de degradação, onde os valores mais altos de FDC deveriam constar para as amostras mais antigas (UnB 3).

Em futuros trabalhos, pode-se aplicar essa metodologia para outros tipos de pavimento ou até mesmo calçadas. Sugere-se, também, que seja proposta uma relação entre o FDC e a vida útil de modo a considerar os momentos mais adequados para as manutenções.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, L.L. **Avaliação das Infraestruturas cicloviárias implantadas no corredor universitário em Goiânia**. 2015. 315f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiás.

CAMPOS, H.C.; SOUZA, H.A. **Avaliação pós-ocupação de edificações estruturadas em aço, focando edificações em Light Steel Framing**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, São Paulo, 2010. Anais Construmetal. São Paulo: ABCEM, 2010.

CORAZZA, M. V.; DI MASCIO, P.; MORETTI, L. Managing sidewalk pavement maintenance: A case study to increase pedestrian safety. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 3, n. 3, p. 203–214, 2016.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de recuperação de pavimentos rígidos**. Rio de Janeiro, 2010.

KELLY, G. et al. Optimising local council's return on investment from annual pavement rehabilitation budgets through targeting of the average pavement condition index. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 3, n. 5, p. 465–474, 2016.

LOPRECIPE, G; PANTUSO, A. A Specified Procedure for Distress Identification and Assessment for Urban Road Surfaces Based on PCI. **Coatings**, v. 7, n. 5, p. 65, 2017.

MICHELS, D. J. **Pavement Condition Index and Cost of Ownership Analysis on Preventative Maintenance Projects in Kentucky**. 2017. 50f. Theses and Dissertations - Civil Engineering. University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

SANTOS, D. G; DE MACÊDO, M. S. P. H; SOUZA, J. S; BAUER, E. Mensuração e Distribuição de Patologias na Degradação de Fachadas em Argamassa. In: 6ª CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS – PATORREB, 04-06 de abril, 2018. Rio de Janeiro: POLI/UFRJ, 2018.

SETYAWAN, A.; NAINGGOLAN, J.; BUDIARTO, A. **Predicting the remaining service life of road using pavement condition index.** Procedia Engineering, v. 125, p. 417–423, 2015.

SILVA, M.N.B. **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF**. 2014. 198f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Distrito Federal.

SILVA JÚNIOR, A.C. **Proposta de Metodologia para Avaliação de Danos de Pavimentos Rígidos de Ciclovia**. 2018. 133f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Distrito Federal.

SOUZA, J.S. **Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. 2016. 114f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Distrito Federal.

TAWALARE, A.; VASUDEVA RAJU, K. Pavement Performance Index for Indian rural roads. **Perspectives in Science**, v. 8, p. 447–451, 2016.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio recebido para o desenvolvimento dessa pesquisa.