



Análise da degradação estrutural de duas passarelas de pedestres situadas na BR-101/PE

Analysis of the structural degradation of two pedestrian walkways located in BR-101 / PE

CLAYTON, J. G. S^{a,*}; JOSÉ, A. P. V^b; ARNALDO, M. P. C^c, ROMILDE, A. O. ^d

^a UFPE, Departamento de Engenharia Civil

^b UPE, Departamento de Pós-graduação (Prof. Convidado)

^c UFPE, Departamento de Engenharia Civil

^d UNICAP, Departamento de Engenharia Civil

**claytonjgsilva@gmail.com, Recife, Brasil*

Resumo

Uma vez que o modal rodoviário é o sistema mais utilizado para o transporte de cargas e, principalmente, de pessoas, torna-se importante que nos dias atuais sejam garantidos investimentos destinados à manutenção das rodovias e de suas Obras de Arte Especiais (OAE), constituídas pelas pontes, viadutos e passarelas de pedestres. Estas últimas exercem um papel imprescindível para a segurança dos transeuntes que realizam as travessias das rodovias e é possível constatar que significativa quantidade dessas tipologias de OAE se encontram em péssimas condições de conservação, seja pela ação de manifestações patológicas ao longo do tempo, por danos estruturais oriundos do impacto de veículos ou pela ação predatória humana, entre outras causas. Nesse sentido, este trabalho visa analisar a degradação estrutural existente em duas passarelas de concreto situadas na BR-101/PE, considerando as diretrizes da Norma DNIT 010/2004-PRO.

Palavras-chave: *Degradação estrutural, Inspeção periódica, Manutenção preventiva, Pontes e viadutos, Passarelas.*



Abstract

Since the road transportation system is the most used for the transportation of loads, and especially of people, it is important that nowadays investments be guaranteed for the maintenance of highways and their Special Engineer Structures (SES), consisted by bridges, viaducts and footbridges. The latter play an essential role for the safety of the passers-by crossing the highways and it is possible to verify that a significant number of these typologies of SES are in poor conservation conditions, either due to the action of pathological manifestations over time, due to structural damage resulting from the impact of vehicles or human action, among other causes. In this sense, this work aims to analyze the structural degradation existing in two concrete walkways situated in BR-101 / PE, considering the guidelines of the DNIT 010/2004-PRO standard.

Keywords: *Structural degradation, Periodic inspection, Preventive maintenance, Bridges and viaducts, Walkways.*

1 Introdução

A BR-101 se destaca como a rodovia federal de maior importância para Pernambuco, pois, encontra-se em situação estratégica na sua malha viária e recebe diariamente quantidade média de veículos (VMD) estimada entre 45.000 e 60.000. As atuais sobrecargas transmitidas, não previstas em projeto, associadas ao aumento do porte dos veículos e à intensidade do tráfego, colaboram para degradar a rodovia e as suas Obras de Arte Especiais (OAE), em especial, pontes e viadutos. Incluem-se ainda como catalisadores dessas degradações, as deficiências de projeto, de execução e, principalmente, a ausência de políticas públicas de manutenções preventivas. Considerando que o intenso tráfego de veículos exige a necessidade de instalação de passarelas para que os pedestres façam com segurança a transposição da rodovia nos seus diversos segmentos, essas tipologias de OAE também merecem a devida atenção no que se refere a condições de conservação que permitam desempenhos funcionais e estruturais adequados, garantindo assim a incolumidade dos usuários e dos ocupantes dos veículos que sob elas transitam. Nesse sentido, este artigo tem como objetivo apresentar os problemas estruturais existentes em duas passarelas de concreto situadas na BR-101/PE. Para tal, foram adotados os critérios da Norma DNIT 010/2004-PRO que permitiram classificar as condições de estabilidade das duas obras. Os resultados obtidos reiteram a necessidade da realização de uma gestão mais eficiente, com a devida atenção a essas estruturas, e suas características peculiares, por meio de inspeções periódicas e manutenções preventivas para, além de prolongar a durabilidade e a vida útil, também gerar uma considerável economia de recursos gastos com onerosas intervenções de recuperação e reforço de

passarelas, tanto das rodovias federais do Estado de Pernambuco, como de todo o sistema viário brasileiro.

2 Estudo de Caso

2.1 Metodologia

O presente Estudo de Caso analisou as passarelas de pedestres do km 69,2 e km 76,9, ambas localizadas na BR-101/PE. Para identificação do nível de degradação dessas estruturas, foram seguidos os preceitos contidos na Norma DNIT 010/2004-PRO [1] que estabelece os conceitos para identificação da condição de estabilidade, através de atribuição de nota variando de 1 (obra crítica) a 5 (obra sem problemas). Dessa forma, foi possível identificar e diagnosticar, por meio de inspeções visuais, as anomalias e os danos estruturais com as respectivas incidências nas estruturas estudadas. O Quadro [1] mostra os critérios da norma para a atribuição das notas conforme a caracterização dos danos e insuficiência estrutural nos elementos, a ação corretiva a realizar, as condições de estabilidade e a classificação das condições da OAE.

Quadro 1 – Nota atribuída e condição de estabilidade em inspeções de Obras de Arte Especiais
 (Norma DNIT 010/2004-PRO [1])

| NOTA | DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL | AÇÃO CORRETIVA | CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE | CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE |
|----------|--|---|---------------------------|--|
| 5 | Não há danos nem insuficiência estrutural | Nada a fazer | Boa | Obra sem problemas |
| 4 | Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural | Nada a fazer; apenas serviços de manutenção | Boa | Obra sem problemas importantes |
| 3 | Há alguns danos gerando insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra | A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema | Boa aparentemente | <p style="text-align: center;">Obra potencialmente problemática</p> <p>Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras,</p> |

| | | | | |
|---|--|---|-----------------|--|
| | | em observação sistemática | | para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência |
| 2 | Há danos gerando significativa insuficiência estrutural da ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural | A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo | Sofrível | <p>Obra problemática</p> <p>Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento de vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias são recomendáveis para monitorar os problemas</p> |
| 1 | Há danos gerando grave insuficiência estrutural da ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural | A recuperação (geralmente com reforço estrutural) _ ou em alguns casos, substituição da obra - deve ser feita sem tardiar | Precária | <p>Obra crítica</p> <p>Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações, etc</p> |

2.2 Descrição das estruturas analisadas

2.2.1 Passarela de pedestres – km 69,2

A estrutura encontra-se instalada na BR-101/PE, tendo sido construída em concreto armado com 259,13m de extensão e largura de 2,32m. É composta por 15 vãos, dentre os quais quatro rampas de acesso, sendo duas para cada lado da rodovia em sentidos opostos. O comprimento do vão maior (para a transposição da rodovia) é de 45,90m e está apoiado em quatro pilares com altura máxima de 6,56m. Todo o tabuleiro (do trecho de transposição e das rampas) é constituído por uma laje inferior e duas vigas invertidas que também funcionam como guarda-corpos, mas com altura inferior ao prescrito em norma para esse tipo de proteção. Não existe

alambrado lateral, cobertura metálica e nem dispositivos de iluminação para a travessia noturna. A Figura [1] mostra a vista geral da estrutura estudada e a Figura [2] exhibe a vista lateral da passarela a qual destaca os trechos em rampa.



Figura 1 – Vista geral da passarela do km 69,2



Figura 2 – Vista lateral do trecho em rampa (km 69,2)

2.2.2 Passarela de pedestres – km 76,9

Essa OAE se caracteriza por ser uma estrutura pré-moldada em concreto armado com 175,70m de extensão e largura de 1,90m. É composta por tres vãos, entre os quais as cinco rampas de acesso. O comprimento do vão maior (de transposição da rodovia) é de 22,00m e está apoiado em dois pilares centrais de concreto com altura máxima de 7,00m. O tabuleiro da passarela é constituído por uma laje inferior e duas vigas laterais invertidas que também funcionam como guarda-corpo, porém com altura inferior ao preconizado em norma para esse tipo de proteção. Não existem alambrado lateral, cobertura metálica nem dispositivos de

iluminação para o uso noturno. As Figuras [3] e [4] apresentam respectivamente a vista geral da passarela, com destaque para o trecho de transposição da rodovia e a vista de um dos trechos em rampa.



Figura 3 – Vista lateral da passarela km 76,9



Figura 4 – Vista de um dos trechos em rampa da passarela km 76,9

2.3 Manifestações patológicas e danos estruturais identificados nas passarelas analisadas

A seguir, são apresentadas as manifestações patológicas e danos estruturais identificados nas duas passarelas.

2.3.1 Passarela do km 69,2

As Figuras [5] a [10] destacam as anomalias e defeitos estruturais existentes nessa obra.



Figura 5 – Extremidades das vigas da passarela apresentando armaduras totalmente expostas e oxidadas



Figura 6 – Ausência de junta de dilatação na laje de piso (ligação da rampa com o patamar), possibilitando o acesso indesejado de infiltrações de água no tabuleiro



Figura 7 – Vigas invertidas funcionando como guarda-corpos, porém com insuficiência de altura e forte presença de corrosão de armaduras na mureta de proteção



Figura 8 – Degradação do concreto e exposição de armaduras na face inferior das vigas do tabuleiro



Figura 9 – Degradação do concreto com grande exposição e corrosão de armaduras. Observam-se perdas de seção e ruptura das armaduras verticais e dos estribos em um trecho do pilar.



Figura 10 – Deslocamento do concreto na face inferior do pilar, situação típica da expansão das armaduras durante o processo de corrosão.

2.3.2 Passarela do km 76,9

As Figuras [11] a [16] ilustram os problemas patológicos e falhas estruturais presentes na passarela do km 76,9.



Figura 11 – Seção transversal da passarela com as vigas invertidas funcionando como guarda-corpo. Observar a intensidade da deterioração do tabuleiro.



Figura 12 – Dente Gerber com abertura excessiva com indícios de rotação da viga no apoio.



Figura 13 – Detalhe da região do dente Gerber destacando deslocamentos lateral, longitudinal e possível rotação no apoio da viga do tabuleiro.



Figura 14 – Manchas e eflorescências de grande intensidade na face inferior do tabuleiro, decorrentes da deficiência do sistema de drenagem e da porosidade do concreto.



Figura 15 – Trecho de pilar apresentando condição de ruptura pela perda de seção transversal, degradação do concreto e destruição das armaduras.



Figura 16 – Apoio do tabuleiro sobre o pilar mostrando acentuados danos no concreto e destruição de armaduras.

3 Resultados e discussões

As inspeções e análises efetuadas nas duas passarelas permitiram identificar quais as deficiências e sintomas predominantes relacionados à capacidade estrutural e à funcionalidade das estruturas estudadas. Isso permitiu atribuir a nota técnica a cada OAE com base nos critérios da norma DNIT 01/2004 PRO [1]. No Quadro [2] estão discriminados os principais problemas identificados e as notas técnicas das duas passarelas.

Quadro 2 – Problemas estruturais observados e notas técnicas atribuídas às OAE analisadas

| Manifestações patológicas e danos estruturais observados | Passarelas de pedestres (BR-101/PE) | |
|---|-------------------------------------|------------|
| | km 69,2 | km 76,9 |
| Corrosão de armaduras (vigas, pilares e lajes) | Sim | Sim |
| Deterioração estrutural no concreto (Desplacamento do concreto) | Sim | Sim |
| Perda de seção em elemento estrutural (Vigas, pilares e lajes) | Sim | Sim |
| Infiltrações e eflorescências generalizadas | Sim | Sim |
| Guarda-corpo com insuficiência de altura | Sim | Sim |
| Juntas de dilatação deficientes | Sim | Não |
| Deslocamentos e rotações em apoios tipo Gerber | Não | Sim |
| Deficiência no sistema de drenagem dos tabuleiros | Sim | Sim |
| Nota Técnica atribuída à estrutura | 2,0 | 1,0 |

Do Quadro 2, observa-se que houve coincidência de ocorrência de manifestações patológicas e danos estruturais nas duas obras, com exceção da junta de dilatação deficiente apenas na passarela do km 69,2 e do dano estrutural provocado por impacto de veículos ocorrido apenas na passarela de pedestres do km 76,9.

Outro aspecto importante se refere à nota técnica atribuída a cada OAE, o que, de certo modo qualificou as duas estruturas do presente estudo de maneira quase similar, pois, enquanto a OAE situada no km 69,2 classificou-se como obra precária (Nota 2), a que se localiza no km 76,9 foi avaliada negativamente com Nota 1 (Obra crítica). Ou seja, pelos próprios critérios de avaliação da norma do DNIT, as duas passarelas encontram-se quase em uma situação limite no que se refere às condições de estabilidade e limites de vida útil.



4 Conclusões

Mesmo considerando os limites dos estudos realizados, é possível concluir que a passarela de pedestres do km 69,2 apresenta manifestações patológicas generalizadas, associadas à ausência de manutenção, cujos efeitos indicam uma deficiência estrutural significativa que pode afetar tanto a segurança da obra como a redução do que ainda resta de vida útil. Isso pode ser evidenciado pela simples condição de conservação de alguns pilares que exibem alto grau de corrosão de armaduras, com perda de aderência e de seção transversal.

Quanto à passarela do km 76,9, além dos mesmos problemas também identificados na obra do km 69,2 observou-se que ela apresenta danos que podem gerar insuficiência estrutural, caso não sejam adotadas providências urgentes para saná-los, o que poderá comprometer irremediavelmente a sua vida útil. Especial atenção deve ser dada aos deslocamentos laterais e às evidências de rotação dos apoios de dentes gerber, que podem ter sido causados por choques de veículos. Convém esclarecer que uma ruptura nesses tipos de apoios pode desencadear o colapso progressivo, parcial ou total, em uma estrutura.

Os problemas acima descritos demonstram a necessidade de realização de intervenções imediatas, uma vez que ambas as estruturas analisadas expõem problemas estruturais relacionados às suas condições de estabilidade e de conservação o que, infelizmente, representa uma situação facilmente percebida na maioria das OAEs existentes do Brasil. Sobre esse aspecto, O DNIT vem adotando providências por meio de celebração de contratos para fins de elaboração de anteprojetos, objetivando a recuperação de diversas OAEs no Estado de Pernambuco, objetivando restabelecer as condições estruturais e funcionais das pontes, viadutos e passarelas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) por disponibilizar informações que permitiram abordar tópicos referentes às estruturas estudadas.



5 Referências

- [1] DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 010/2004 – PRO**: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – procedimento. 1.ed. Rio de Janeiro, 2004.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452**: inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2016.
- [3] MEYER, K. F. **Passarelas e pontes para dutos**. 2. ed. Belo Horizonte: RONA, 2011, 243p.
- [4] RIBEIRO, D.V. et al. **Corrosão em estruturas de concreto armado**: Teoria, controle e métodos de análise. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013, 244 p.
- [5] VITÓRIO, J. A. P.; BARROS, R. M. M. C. de. Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade de 100 pontes rodoviárias no brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA PARA A SEGURANÇA E CONSERVAÇÃO DE PONTES, 3, 2013, Porto. **Anais...** Porto, 2013. 9p.