

Condições estruturais e funcionais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco

C. J. G. Silva*¹, E. C. Barreto Monteiro², J. P. A. Vitório¹

*Autor de Contacto: claytonjgsilva@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i1.199>

Recebido: 15/06/2017 | Aceito: 09/11/2017 | Publicado: 31/12/2017

RESUMO

Este artigo tem como objetivo discutir as condições estruturais e funcionais de 332 pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco, adotando-se como metodologia a consulta ao banco de dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e inspeções nas obras que constituem a amostra estudada. As informações obtidas foram analisadas conforme os critérios da norma DNIT 010/2004 – PRO e da norma ABNT NBR 9452/2016. Trata-se da primeira pesquisa no Brasil com tal quantidade de obras utilizando dois sistemas normativos. Mesmo com as limitações inerentes a esse tipo de estudo, as conclusões mostram que ele significa uma contribuição para a melhoria das pontes rodoviárias brasileiras que, de modo geral, padecem dos mesmos problemas existentes nas pontes analisadas.

Palavras chave: manifestações patológicas; estruturas; inspeção; pontes e viadutos.

Citar como: C. J. G. Silva, E. C. Barreto Monteiro, J. P. A. Vitório (2018), “*Condições estruturais e funcionais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco*”, Revista ALCONPAT, 8 (1), pp. 79 – 93, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i1.199>

¹ Universidade de Pernambuco - UPE, Recife, Brasil.

² UNICAP - Universidade Católica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco - UPE, Recife, Brasil.

Informação Legal

Revista ALCONPAT é uma publicação da Associação Latino-americana Controle de Qualidade, Recuperação Patologia e Construção, Internacional, A. C., Km. 6, antiga carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel. 5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Editor: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de direitos ao No. 04-2013-011717330300-203 uso exclusivo, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional do Direito de Autor. Responsável pela atualização mais recente deste número, ALCONPAT Unidade Computing, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antiga carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e imagens publicadas sem autorização prévia do ALCONPAT Internacional A.C é proibida. Qualquer discussão, incluindo a réplica dos autores, serão publicados na terceira edição do 2018, desde que a informação é recebida antes do encerramento da segunda edição de 2018.

Structural and functional conditions of bridges and viaducts of the federal highways of Pernambuco

ABSTRACT

This paper aims to discuss the structural and functional conditions of 332 bridges and viaducts of the Federal Highways of Pernambuco, adopting as methodology the database of the National Department of Infrastructure of Transportation (DNIT) and structural inspections that constitute the sample studied. The information obtained were analyzed according to criteria of the standard DNIT 010/2004 – PRO and standard ABNT NBR 9452/2016. It is the first survey in Brazil with such quantify of structures using two normative systems. Although with the limitations this type of study, the conclusions show that it means a contribution to improvement of the Brazilian's highways bridges that, in general, suffer from the same problems that exist in the analyzed bridges. **Keywords:** pathological manifestations; structures; inspection; bridges and viaducts.

Condições estruturais e funcionais de puentes y viaductos de las vías federales de Pernambuco

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las condiciones estructurales y funcionales de 332 puentes y viaductos de las autopistas Federales de Pernambuco, adoptando como metodología la base de datos del Departamento Nacional de Infraestructura del Transporte (DNIT) y las inspecciones estructurales que constituyen la muestra estudiada. La información obtenida se analizó según los criterios de la norma DNIT 010/2004 - PRO y la norma ABNT NBR 9452/2016. Siendo la primera investigación en Brasil con tal cantidad de estructuras usando dos sistemas normativos. Aunque con las limitaciones de este tipo de estudio, las conclusiones muestran que significa una contribución al mejoramiento de los puentes de carreteras brasileños que, en general, sufren los mismos problemas que existen en los puentes analizados.

Palabras clave: manifestaciones patológicas; estructuras; inspección; puentes y viaductos.

1. INTRODUÇÃO

Na década de 1970, o Brasil atravessou o chamado milagre econômico (Cunha, 2011) que promoveu a aceleração da implementação de grandes empresas multinacionais, sendo um exemplo concreto a indústria automobilística, e o financiamento de obras públicas por instituições internacionais, como foi o caso da ampliação da malha rodoviária brasileira, incluindo uma grande quantidade de pontes e viadutos. Isso resultou em um significativo aumento do fluxo de veículos e do transporte de cargas.

Porém, a falta de políticas e estratégias voltadas para a manutenção das obras públicas ao longo das últimas décadas gerou um processo de desgaste e deterioração das rodovias, atingindo diretamente as Obras de Arte Especiais que, de modo geral, apresentam diversas manifestações patológicas e danos estruturais. Alguns fatores agravantes também contribuíram para a situação atual, como é o caso das normas brasileiras mais antigas que vigoravam à época em que as obras foram projetadas e construídas, que não previam os carregamentos nem a intensidade de tráfego atualmente existentes nas rodovias e nos centros urbanos do País; também não consideravam a agressividade ambiental dos locais onde as pontes foram construídas, tendo esse tema sido abordado por vários estudiosos que realizaram pesquisas a esse respeito como, (Vitório; Barros; 2013) e (Milani; Kripka; Pravia; 2011).

A carência de estratégias públicas voltadas à manutenção também gerou uma grande lacuna no que se refere às informações sobre o real estado das obras de infraestrutura do Brasil, em especial das Obras de Arte Especiais tornando, portanto, imprescindível a realização de inspeções que permitissem a obtenção dos dados mais importantes sobre as condições de segurança e de funcionalidade dessas obras.

Foi nesse contexto que este trabalho analisou as condições estruturais, funcionais e de durabilidade de pontes e viadutos das principais rodovias federais do Estado de Pernambuco para, à luz dos resultados obtidos nessa amostra, delinear, mesmo que preliminarmente, o panorama atual das OAE's que compõem as rodovias federais brasileiras.

2. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

2.1 Metodologia utilizada

As principais informações contidas no presente estudo foram obtidas do banco de dados do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO) do DNIT, e de minuciosas análises em diversas pontes e viadutos localizados nas rodovias federais que cruzam o Estado de Pernambuco, cujas denominações constam do Quadro 1 mais adiante.

Também foi realizada uma pesquisa para identificar os períodos de construção e o trem-tipo de projeto de cada obra. O não fornecimento da maioria dos projetos originais fez com que grande parte de tais informações fossem obtidas a partir da comparação da evolução dos gabaritos transversais das pontes das rodovias federais ao longo dos períodos de tempo com as cargas móveis que eram utilizadas nas pontes construídas nos respectivos períodos, conforme mostra a Figura 1.

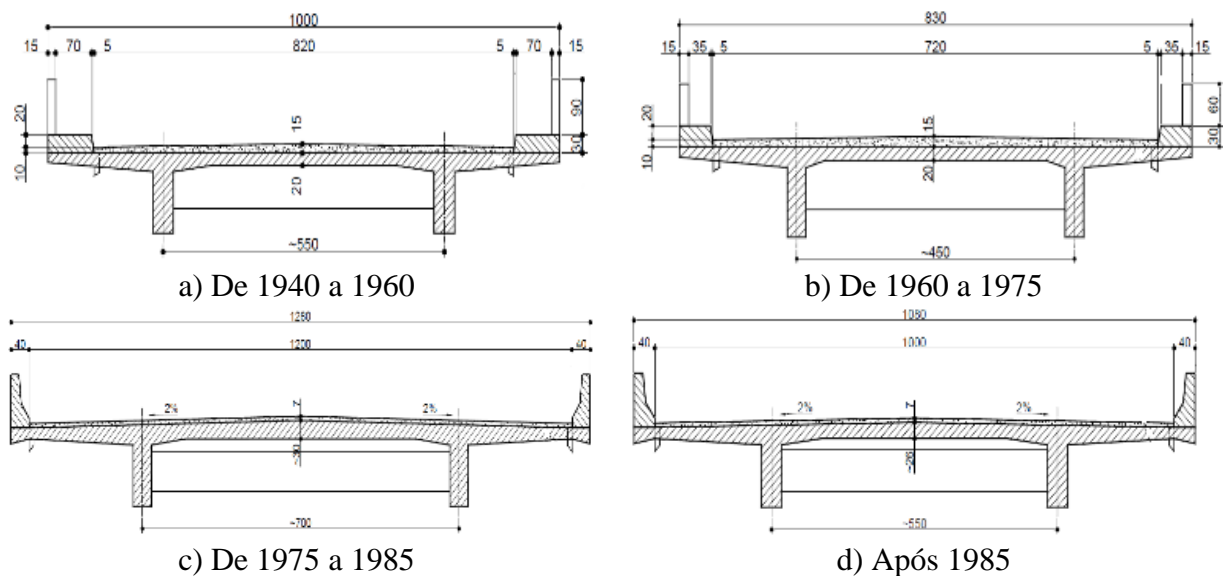


Figura 1. Evolução do gabarito transversal das pontes rodoviárias federais (Medidas em cm)

Para as análises das condições estruturais e funcionais foram utilizadas as Normas DNIT 010/2004 – PRO que especifica a condição de estabilidade da estrutura por meio da atribuição de uma nota técnica que varia de 1 (obra crítica) a 5 (obra sem problemas), e a nova versão da NBR 9452 (ABNT, 2016) que introduziu parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade como elementos norteadores para classificação das estruturas das pontes. Os procedimentos previstos nessas duas normas são usualmente adotados no Brasil para identificar e diagnosticar as principais anomalias existentes nas estruturas das pontes, inclusive as manifestações patológicas e os danos de maior incidência.

Por fim, foi feita a interpretação e avaliação dos resultados obtidos na pesquisa, de modo a concluir sobre as condições estruturais e funcionais das OAE's estudadas e propor soluções para a correção dos problemas existentes, a partir de uma visão mais abrangente que possa ser aplicada não apenas às pontes e aos viadutos do Estado de Pernambuco, mas também, às demais obras que compõem o sistema viário brasileiro como um todo.

2.2 Pontes analisadas por período de construção, trem-tipo e sistema construtivo

O Quadro 1 mostra a jurisdição rodoviária federal do Estado de Pernambuco totalizando 546 pontes e viadutos, além daquelas que foram inspecionadas neste trabalho, que correspondem a 332 estruturas. Essa amostra representa aproximadamente 60% do conjunto das pontes existentes na malha rodoviária do Estado.

Quadro 1. Quantidade total e OAE's inspecionadas por rodovia

| Rodovia | OAE's inspecionadas | Total de OAE's por rodovia |
|--------------|---------------------|----------------------------|
| BR-101 | 115 | 117 |
| BR-104 | 35 | 57 |
| BR-110 | 24 | 33 |
| BR-116 | 7 | 7 |
| BR-232 | 64 | 80 |
| BR-316 | 5 | 83 |
| BR-407 | 30 | 31 |
| BR-408 | 17 | 54 |
| BR-423 | 30 | 30 |
| BR-428 | 5 | 54 |
| Total | 332 | 546 |

O estudo também contemplou a classificação das Obras de Arte Especiais por período de construção (Quadro 2) e pelo trem-tipo de projeto, sendo este definido como o conjunto do carregamento móvel a ser aplicado à estrutura em uma posição que produza os esforços mais desfavoráveis para cada seção de cálculo e combinação de cargas. Conforme esclarecido anteriormente, as informações foram adquiridas do SGO/DNIT e por meio da análise da evolução do gabarito transversal do tabuleiro, associado às mudanças ocorridas nas normas brasileiras que especificaram os valores das cargas móveis ao longo do tempo para aquelas obras cujos dados referentes à época de construção não estavam disponíveis. As Obras de Arte para as quais que não puderam ser obtidas essas informações foram consideradas como não identificadas.

Quadro 2. Classificação das Obras de Arte Especiais quanto ao período de construção

| Período de Construção | Total |
|-----------------------|------------|
| 1940 a 1960 | 27 |
| 1960 a 1975 | 113 |
| 1975 a 1985 | 54 |
| 1985 a 2000 | 10 |
| A partir de 2000 | 83 |
| Não identificado | 45 |
| Total | 332 |

No que se refere ao trem-tipo de projeto, a Figura 2 destaca que 50,60% das obras foram qualificadas com carregamento de 360 kN. As cargas móveis de 450 kN, atualmente utilizadas, representaram 28,31% e as de 240 kN significaram 7,83% do total da amostra. Houve ainda 13,25% de obras cujos trens-tipos de projeto não foram possíveis de identificar.

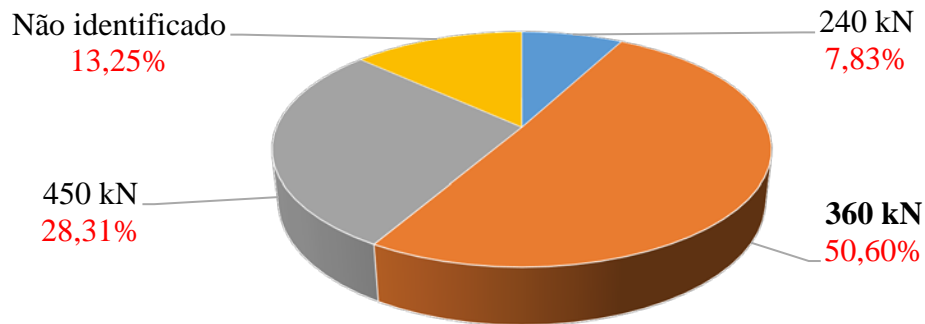


Figura 2. Trem-tipo de projeto das pontes avaliadas

Quanto ao sistema construtivo, constatou-se a predominância do concreto armado moldado no local, utilizado em 76,20% das pontes e viadutos. O segundo sistema proeminente foi o concreto protendido pré-moldado adotado em 23,19% das obras. O concreto armado pré-moldado representou 0,60%. Esses dados estão mostrados na Figura 3.

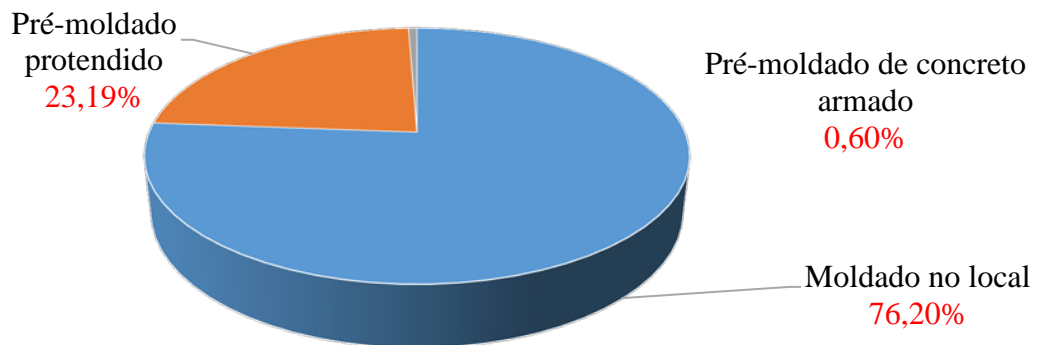


Figura 3. Sistemas construtivos das pontes avaliadas

2.3 Manifestações patológicas identificadas no conjunto estudado

No que diz respeito à identificação de manifestações patológicas, foram realizadas observações em cada obra durante as inspeções e analisados os relatórios de vistorias do SGO. Os principais problemas patológicos identificados estão ilustrados nas Figuras 4 a 7.



Figura 4. Presença de eflorescências, deslocamento do revestimento de concreto e manchas marrom-avermelhadas decorrentes do processo de corrosão das armaduras.



Figura 5. Armaduras expostas e oxidadas nas longarinas, exibindo inclusive estribos rompidos.



Figura 6. Erosão na fundação e grande excentricidade do pilar em relação ao tubulão.



Figura 7. Aparelho de apoio metálico em um dente Gerber com visíveis danos e infiltrações.

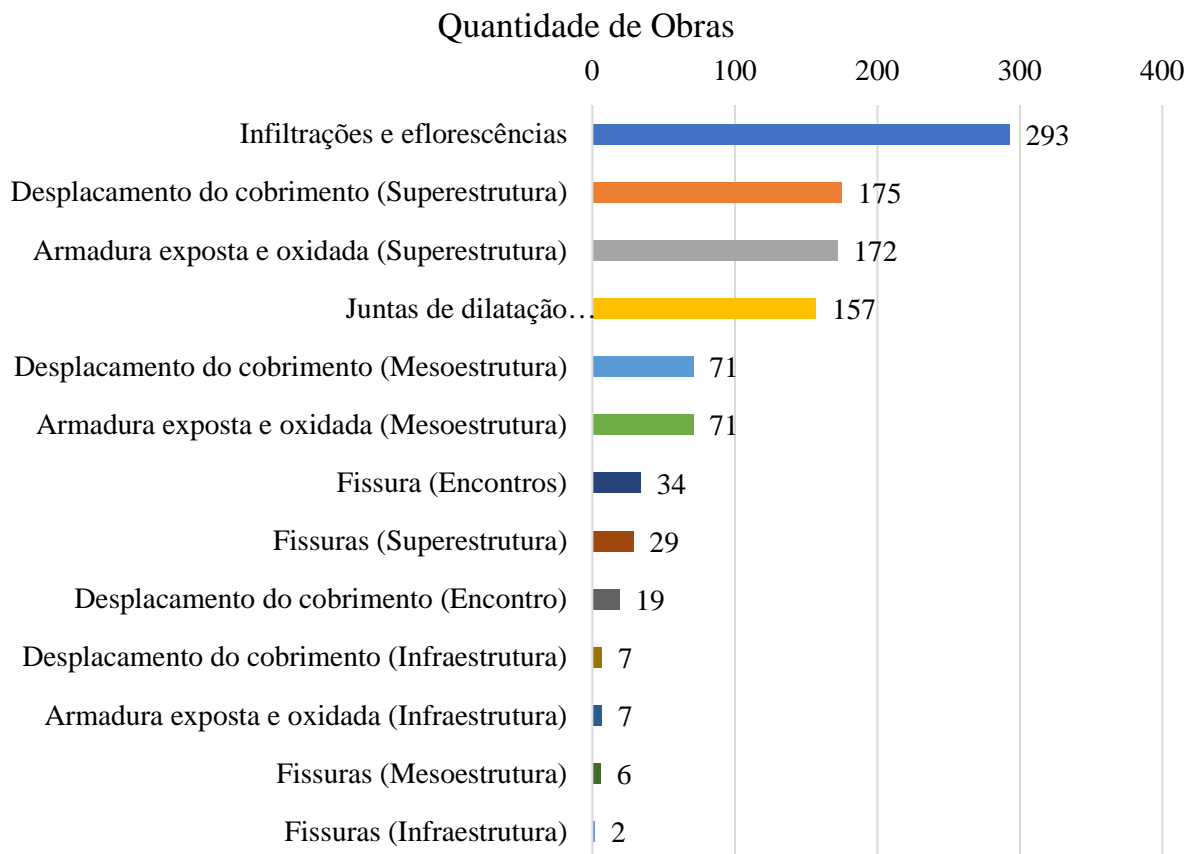


Figura 8. Incidência das manifestações patológicas no conjunto das obras analisadas.

A Figura 8 mostra uma síntese das maiores incidências das manifestações patológicas no conjunto avaliado, com predominância das infiltrações e eflorescências, presentes em 293 OAE's. As seguintes anomalias também merecem destaque: deslocamento do concreto (na superestrutura) em 175 Obras, armaduras expostas e oxidadas (na superestrutura), em 172 pontes e juntas de dilatação danificadas e/ou inexistentes em 157 OAE's.

2.4 Danos estruturais identificados

De maneira análoga às manifestações patológicas, estão ilustradas nas Figuras 9 a 12 alguns dos principais danos observados nas pontes e viadutos objetos deste estudo.



Figura 9. Ausência de guarda-corpo na lateral da ponte



Figura 10. Dreno danificado provocando infiltração e manchas de umidade na laje entre longarinas



Figura 11. Aparelho de apoio elastomérico com grande excentricidade e deformação



Figura 12. Presença de grande erosão na fundação.

A Figura 13 quantifica os principais danos existentes no conjunto analisado. Verificou-se que 92 pontes apresentaram drenos danificados e/ou inexistentes. A seguir, sobressaíram-se os guarda-corpos danificados (50 OAE's), seguidos pelas avarias nos encontros de alvenaria de pedras/concreto (46 OAE's), bem como pela ausência e/ou deficiência de aparelhos de apoio (25 OAE's) e pelos ninhos de concretagem (20 OAE's). As demais falhas ocorreram de maneira menos significativa.

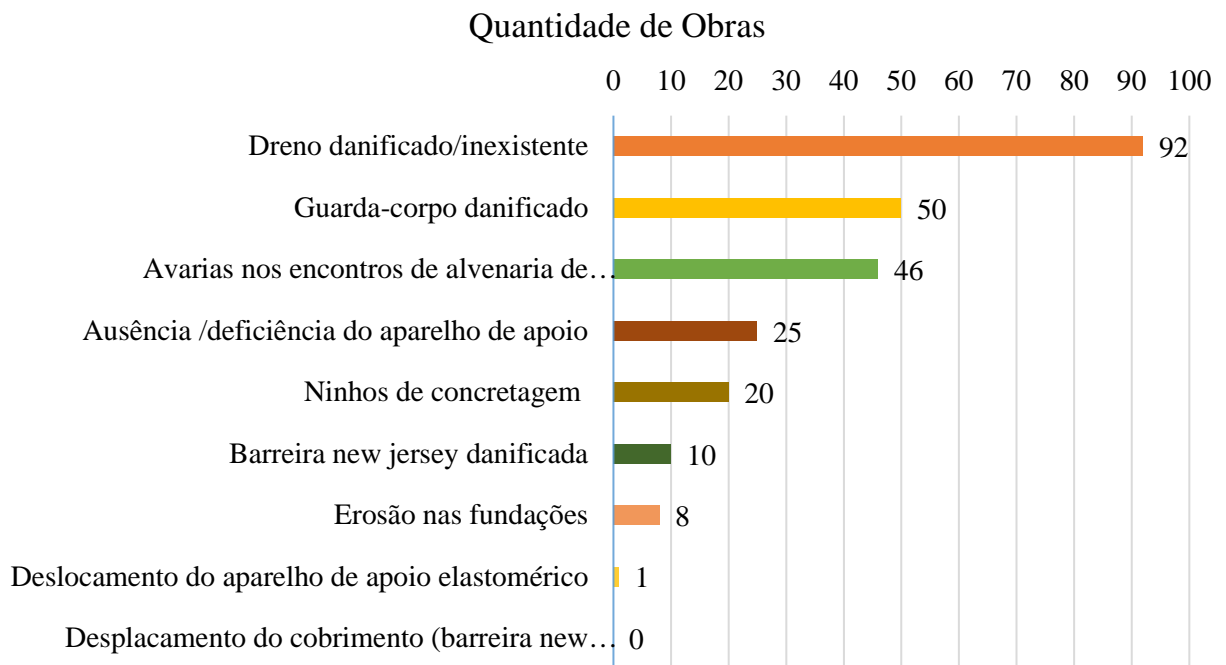


Figura 13. Principais danos estruturais no conjunto das obras estudadas

3. Avaliação das condições de estabilidade

3.1 Avaliação pela Norma DNIT 010/2004 – PRO

Os critérios de avaliação das condições de estabilidade estrutural considerados pela norma 010/2004-PRO do DNIT estão indicados no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3. Relação entre as notas atribuídas e a categoria dos problemas estruturais observados na vistoria das pontes e viadutos rodoviários

| 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 em observação sistemática | Boa aparentemente | Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, 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 | Obra problemática 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 |

| | | | | |
|----------|--|---|-----------------|--|
| 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 | Obra crítica |
| | | | | 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 |

A aplicação de tais critérios na amostra estudada está ilustrada na Figura 14, que indica 156 OAE's classificadas como potencialmente problemáticas (Nota 3), significando 46,99%. É importante ressaltar que 174 obras foram avaliadas com notas entre 1 e 3 (obras críticas a potencialmente problemáticas), o que equivale a 52,41% da amostra estudada. Apenas 59 obras (17,77%) receberam a nota 5.

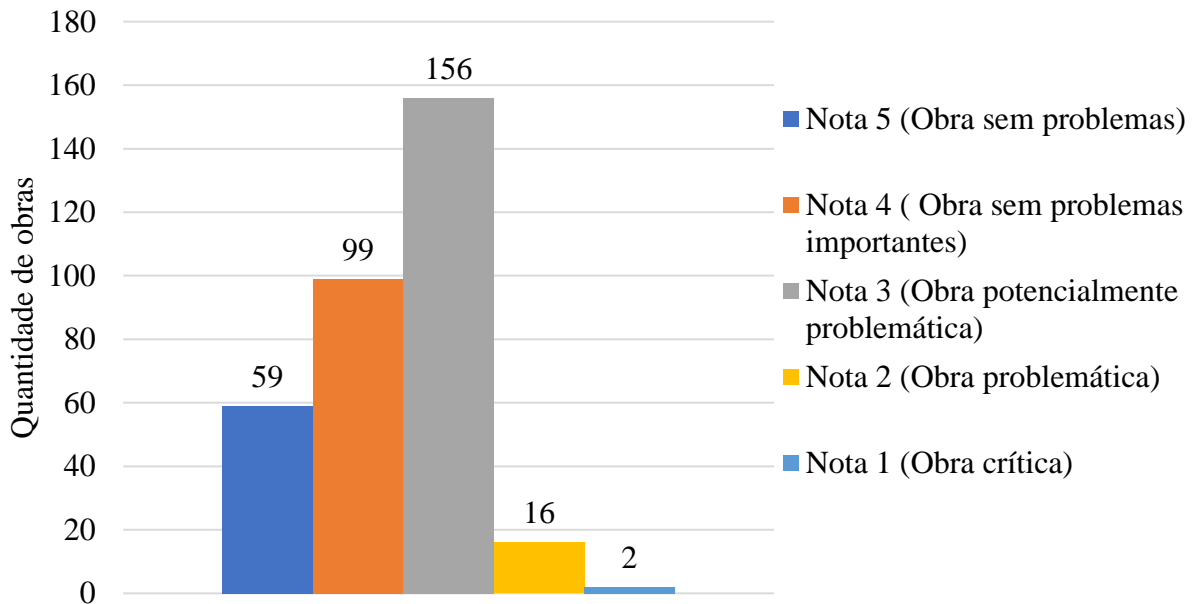


Figura 14. Condições de estabilidade conforme a norma DNIT 010/2004-PRO

O Quadro 4 apresenta uma correlação entre o período de construção e as condições de estabilidade. Também mostra que 34% das obras estudadas foram construídas no período de 1960 e 1975, de modo que já tem mais de 40 anos, enquanto que 8% estão com quase 70 anos.

Quadro 4. Período de construção x condição de estabilidade pela norma do DNIT

| Período de Construção | Total (BR-101, BR-104, BR-110, BR-116, BR-232, BR-316, BR-407, BR-408, BR-423 e BR-428) | | | | |
|-----------------------|---|-----------|------------|-----------|----------|
| | Nota (Condição de estabilidade) | | | | |
| | Nota 5 | Nota 4 | Nota 3 | Nota 2 | Nota 1 |
| 1940 a 1960 | 0 | 7 | 14 | 5 | 1 |
| 1960 a 1975 | 5 | 34 | 67 | 7 | 0 |
| 1975 a 1985 | 2 | 20 | 28 | 4 | 0 |
| 1985 a 2000 | 1 | 5 | 3 | 0 | 1 |
| A partir de 2000 | 45 | 21 | 17 | 0 | 0 |
| Não identificado | 6 | 12 | 27 | 0 | 0 |
| Total | 59 | 99 | 156 | 16 | 2 |

3.2 Avaliação pela NBR 9452/2016

A avaliação estrutural conforme a NBR 9452/2016 seguiu os critérios mostrados no Quadro 5. No Quadro 6 é possível observar que, de acordo com tais critérios, a predominância é da nota 4 que foi atribuída a 116 pontes. A nota 5 foi obtida por 107 OAE's, seguida da nota 3 (87), da nota 2 (20) e da nota 1 (2). Por esses critérios, as mesmas 113 obras construídas entre 1960 e 1975 tiveram pontuações diferentes daquelas obtidas pelos critérios da norma do DNIT.

Quadro 5. Classificação da condição de OAE's segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade

| NOTA | CONDIÇÃO | CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL | CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL | CARACTERIZAÇÃO DE DURABILIDADE |
|------|-----------|---|---|--|
| 5 | Excelente | A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias apresentando defeitos irrelevantes e isolados. | A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários. | A OAE apresenta-se em perfeitas condições devendo ser prevista manutenção de rotina. |
| 4 | Boa | A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural. | A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário. | A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental. |
| 3 | Regular | Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural. Mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser | A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo. | A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias que comprometem a sua vida útil, em região de moderada à alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias, que |

| | | | | |
|---|----------------|--|--|---|
| | | necessárias a médio prazo. | | comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental. |
| 2 | Ruim | Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE'S necessita de intervenções significativas a curto prazo. | A OAE com funcionalidade visivelmente comprometida com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo. | A OAE apresenta moderadas a muitas manifestações patológicas, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental. |
| 1 | Crítica | Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita de intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não. | A OAE não apresenta condições funcionais de utilização. | A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional. |

Quadro 6. Período de construção x condição estrutural pela norma da NBR 9452

| Período de Construção | TOTAL GERAL | | | | |
|-------------------------|---------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| | Condição estrutural | | | | |
| | Nota 1 | Nota 2 | Nota 3 | Nota 4 | Nota 5 |
| 1940 a 1960 | 1 | 4 | 8 | 8 | 6 |
| 1960 a 1975 | 0 | 8 | 38 | 54 | 13 |
| 1975 a 1985 | 0 | 4 | 16 | 24 | 10 |
| 1985 a 2000 | 1 | 1 | 3 | 1 | 4 |
| A partir de 2000 | 0 | 0 | 3 | 16 | 64 |
| Não identificado | 0 | 3 | 19 | 13 | 10 |
| Total | 2 | 20 | 87 | 116 | 107 |

3.3 Considerações sobre as análises feitas pela norma do DNIT e pela norma da ABNT

Ambas as normas utilizadas neste estudo têm em comum o fato de atribuir uma nota de classificação (variável de 1 a 5) para as condições de estabilidade. A Norma DNIT 010/2004-PRO também inclui conceitos, tipos de inspeções, a exigência necessária para qualificação dos inspetores, além da frequência mínima das vistorias que, de certa forma, possibilitam definir alguns critérios de avaliação. Todavia, a recente revisão da NBR 9452 (ABNT, 2016), além de ter adotado os conceitos e orientações constantes da norma do DNIT, introduziu uma maior variabilidade que até então não existia, ao incluir parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade. Tais parâmetros tornaram mais realistas as inspeções e os critérios de classificação das pontes e viadutos no Brasil.

Vale destacar que as duas literaturas possibilitaram o diagnóstico das principais manifestações patológicas sem que ocorressem diferenças significativas no que se refere à avaliação dos danos e de outras anomalias nas pontes da amostra.

Por outro lado, quando se tratou da análise das condições de estabilidade, foi constatada uma diferença considerável nos resultados obtidos por cada uma das duas normas, conforme pode ser visto no Quadro 7.

Quadro 7. Condição estrutural (Norma DNIT 010/2004-PRO) x Condição estrutural (NBR 9452/2016)

| NOTA | NORMA DNIT 010/2004 – PRO | | NORMA 9452 (ABNT, 2016) | |
|------|---------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | OAE | % | OAE | % |
| 5 | 59 | 17,77 | 107 | 32,23 |
| 4 | 99 | 29,82 | 116 | 34,94 |
| 3 | 156 | 46,99 | 87 | 26,21 |
| 2 | 16 | 4,82 | 20 | 6,02 |
| 1 | 2 | 0,6 | 2 | 0,6 |

Mesmo considerando que as inspeções foram realizadas de forma visual, condição que depende essencialmente da experiência do inspetor, as informações que constam do Quadro 7 permitem constatar que, com relação às notas 1 e 2, as quais caracterizam as obras em piores condições, não houve diferenças nos resultados obtidos por ambas as normas.

Porém, os resultados referentes às demais notas atribuídas (casos das notas 3, 4 e 5) mostram que a análise pela NBR 9452 conduz a valores que representam significativa melhoria das condições estruturais, quando comparados aos obtidos pela Norma do DNIT. Isso significa que diversas pontes e viadutos deste estudo podem até ter condições precárias no que se refere às avaliações da durabilidade e da funcionalidade, mas apresentam condições estruturais satisfatórias. Também significa que suas estruturas podem ser utilizadas sem atingir o Estado Limite Último. A situação oposta também foi verificada: pontes e viadutos classificados sem problemas relacionados aos critérios de durabilidade e de funcionalidade (notas entre 4 e 5) tiveram baixa classificação quanto à condição estrutural.

Em linhas gerais, é possível afirmar que a nova versão da norma da ABNT ao introduzir uma maior variabilidade aos parâmetros de avaliação, aplicados a uma maior quantidade dos elementos que compõem uma ponte existente, garante uma avaliação mais consistente e mais realista, diferentemente da Norma do DNIT, que pontua apenas cinco elementos, o que torna a avaliação

mais conservadora. Isso fica evidente no caso de uma Obra de Arte Especial mesmo sem grandes avarias, pode ter um dos elementos avaliados com uma nota baixa e por isso terá a nota técnica final correspondente àquela de menor valor dentre todas as outras recebidas pelos demais elementos. Isso significa uma avaliação final conservadora e que não represente a situação real da ponte.

Nesse sentido, a NBR 9452 (ABNT, 2016), mesmo considerando também a avaliação por meio da menor nota, ao introduzir uma maior quantidade de parâmetros para julgamento, mostra-se menos conservadora, pois considera a avaliação por meio de uma análise mais abrangente. Essa norma também possibilita um diagnóstico mais abrangente e realista da estrutura, o que significa um avanço, considerando as limitações e a carência de literatura para a avaliação da segurança de pontes existentes no Brasil, ao contrário de outros países onde são utilizadas análises sofisticadas que incluem métodos probabilísticos.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A significativa ocorrência de acidentes estruturais, alguns de natureza grave, envolvendo as Obras de Arte Especiais brasileiras, nos âmbitos federal, estadual e municipal, é um fato concreto que pode ser constatado pela simples observação dos noticiários dos meios de comunicação. É possível concluir que a vulnerabilidade de tais obras está diretamente associada à agressividade ambiental de determinadas regiões. Os processos erosivos nas fundações e a falta de manutenções apropriadas também contribuem para a redução da segurança e a necessidade de grandes e onerosos reparos.

Nesse sentido, este texto procurou contribuir para a produção do conhecimento sobre este tema, ainda carente de literatura especializada no Brasil, a partir do estudo de caso apresentado que mostrou um panorama da atual situação em que se encontram as pontes da malha rodoviária federal que cortam o Estado de Pernambuco e que, de modo geral, também representam a situação das pontes da malha viária brasileira.

O estudo mostrou que um fator que contribui para a ocorrência e a evolução dos danos é o fato de muitas delas terem sido projetadas e construídas em épocas nas quais as normas não consideravam os conceitos voltados para a garantia de uma maior durabilidade e não havia um conhecimento mais aprofundado sobre os desempenhos dos materiais utilizados nas construções. Além disso, houve uma progressiva evolução do fluxo e do peso dos veículos, com significativo aumento das cargas móveis transmitidas às estruturas, que não foram dimensionadas para tais valores. Esses fatos, associados à ausência de políticas e estratégias voltadas para a conservação, aceleraram a evolução dos problemas patológicos, dos danos estruturais e da deficiência de funcionalidade das Obras de Arte Especiais das rodovias brasileiras.

Este estudo também evidenciou que a inexistência de banco de dados com todas as informações cadastrais necessárias para o gerenciamento das pontes da malha rodoviária brasileira tem dificultado a elaboração de diagnósticos precisos que viabilizem a adoção de medidas adequadas para solucionar os problemas estruturais e funcionais de tais obras, com base nas prioridades de cada uma, pois muitas informações necessárias são inexistentes no SGO do DNIT.

Mesmo assim, este trabalho faz algumas recomendações que, caso adotadas, poderão contribuir para minimizar grande parte dos problemas identificados nas pontes da amostra estudada e que se repetem nas demais Obras de Arte Especiais do Brasil. A seguir, são relacionadas as intervenções recomendadas por ordem de prioridade conforme os percentuais de ocorrências observadas nas inspeções realizadas. Observa-se que a maioria dessas intervenções de recuperação e reforço não são de grande complexidade e nem significam grandes custos.

- Restauração do sistema de drenagem da superestrutura, pelo fato de 88,25% das pontes analisadas estarem com infiltrações e eflorescência no concreto do tabuleiro e 27,71% com os drenos danificados e/ou destruídos.
- Recuperação com aplicação de concreto projetado da camada de cobrimento do concreto do tabuleiro, pois 52,71% das pontes da amostra estão com deslocamento do concreto.
- Tratamento e/ou substituição de armaduras corroídas, com incidência em 51,81% das obras inspecionadas.
- Substituição de barreiras New Jersey e guarda-corpos danificados ou destruídos, observados em 18,07% das pontes da amostra.
- Correção das avarias dos encontros, muitas delas causadas por recalques diferenciais e erosões, encontradas em 16,26% das pontes. Nesses casos, faz-se necessária a realização de estudos geotécnicos e hidrológicos para aferir a segurança das fundações e a seção de vazão, com vistas à necessidade ou não de reforço e de proteção contra as erosões.
- Substituição das juntas de dilatação avariadas, responsáveis pelo aparecimento de manifestações patológicas e danos estruturais em 47,29% obras estudadas.
- Substituição dos aparelhos de apoio danificados e responsáveis por alterações na transmissão dos esforços do tabuleiro para a mesoestrutura, como ocorrência em 7,53% das pontes.
- Correção de danos diversos como ninhos de concretagem, pequenas fissuras e deslocamentos em elementos secundários da maioria das pontes vistoriadas.

As recomendações acima devem ser objetos de projetos elaborados por profissionais especializados e executadas por empresas com experiência em recuperação e reforço de estruturas de pontes. Nas pontes mais problemáticas (que obtiveram notas 2 e 1), o primeiro passo deverá ser a realização de análise numérica com a finalidade de aferir a segurança estrutural e definir a necessidade e qual o tipo de reforço.

Outra questão que deve ser considerada de fundamental importância para a garantia da segurança das pontes e viadutos no Brasil, será a implantação de sistemas de gestão nas esferas federal, estadual e municipal, de modo a permitir o cadastro das obras, inspeções rotineiras, técnicas avançadas de monitoramento e definição das prioridades de intervenção. Também devem ser garantidos os recursos orçamentários para viabilizar as ações de conservação, antes que os danos evoluam e cresçam exponencialmente, como acontece atualmente.

Não deve ser esquecido que a malha rodoviária brasileira continua em expansão e que, para isso, faz-se necessária a elaboração de projetos de boa qualidade que, além de concepções e materiais adequados para garantir uma maior vida útil, também incluam dispositivos apropriados para facilitar as inspeções e manutenções preventivas.

Por fim, é possível concluir que os resultados obtidos nesta pesquisa, mesmo referentes à malha rodoviária federal de Pernambuco, mostram, de modo geral, a atual situação de conservação das Obras de Arte Especiais das rodovias brasileiras e estão coerentes com alguns poucos trabalhos realizados por outros autores contendo amostras bem menores de pontes.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, assim como ao DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) por permitir o acesso aos dados e disponibilizar as informações sobre as pontes estudadas nesta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016), *NBR 9452: inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - procedimento*. Rio de Janeiro.
- Cunha, A. A. (2011), *Estudo das patologias em obras de arte especiais do tipo pontes e viadutos estruturados em concreto*. 152p. Projeto final de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Goiânia.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2004). *Norma DNIT 010/2004 – PRO: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – procedimento*. 1.ed. Rio de Janeiro.
- Meyer, K. F., *Passarelas e pontes para dutos*. 2. ed. Belo Horizonte: RONA. 243p.
- Milani, C. Kripka, M. Pravia, Z. (2015), *Monitoramento de pontes*. Revista infraestrutura urbana. PINI: São Paulo, 16.ed, 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/artigo260592-1.aspx>>. Acesso em: 12 abr. 2015.
- Silva, C. J. G. (2016), *Uma amostra das condições estruturais e funcionais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Pernambuco.
- Vitório, J. A. P.; Barros, R. M. M. C. de. (2013) *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, 9p.