



# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



## Avaliação da Condição de uma Ponte - Estudo de Caso Giovannetti, Ana Carolina V. P.<sup>1</sup>, Pinto, Roberto C. de A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC / PPGEC / anagiovannetti@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC / PPGEC / rpinto@ecv.ufsc.br

### Resumo

Pontes e viadutos, designados tecnicamente como Obras de Arte Especiais – OAE, são frequentemente danificados por diversos danos que podem afetar a sua estrutura, assim como qualquer construção existente. Tendo em vista corrigir e evitar manifestações patológicas é necessária a realização de vistorias sistemáticas para verificar a capacidade e o desempenho das obras de arte, evitar sua deterioração, a ocorrência de acidentes graves ou até mesmo o colapso da estrutura. Levando em conta que os recursos materiais e financeiros são finitos, ressalta-se a importância da avaliação e classificação das Obras de Arte Especiais existentes, utilizando um sistema confiável e integrado para que possa selecionar corretamente e priorizar as OAE que necessitem de reparo, reforço ou manutenção com maior urgência, otimizando as despesas. No Brasil e em vários países europeus, existem procedimentos específicos para a avaliação e classificação de pontes rodoviárias e viadutos em concreto armado. Pela realização de um estudo de caso, esse artigo avalia e classifica uma ponte no interior do Estado de Goiás de acordo com duas metodologias diferentes: a metodologia do DNIT e a utilizada na Eslovênia. Essas duas metodologias utilizam procedimentos bem diferentes para se classificar as pontes avaliadas, portanto, por meio da comparação da classificação de ambas as metodologias, foi possível analisar as vantagens e desvantagens de cada método.

**Palavras-chave:** Inspeção; Pontes; Avaliação da Condição.

### Introdução

A implantação da malha viária Federal teve início a partir de 1940, no mesmo período em que foram editadas as primeiras Normas Brasileiras relacionadas ao cálculo e execução de estruturas de concreto armado. Estas normas abrangiam obras com diferentes geometrias transversais, calculadas para solicitações causadas por diferentes carregamentos e dimensionadas e detalhadas seguindo os critérios utilizados na época da realização de seus projetos, critérios esses não mais aceitos (DNIT, 2004).

Deste modo, no Brasil existem pontes de diferentes idades, projetadas e dimensionadas segundo diferentes critérios, portanto, o perfil das pontes da maioria das rodovias, senão da totalidade, é bastante heterogêneo.

Levando em conta que os recursos materiais e financeiros são finitos, ressalta-se a importância da conservação das OAE existentes, utilizando-se para isso um sistema confiável e integrado de fiscalização, avaliação e manutenção destas obras.



# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de  
maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Este conjunto de obras, envelhecidas e degradadas, deve ser cuidadosa e regularmente inspecionada, para que sejam avaliadas a capacidade de carga, segurança e conforto que oferecem aos usuários além das necessidades de manutenção e melhoramentos.

No Brasil e em outros países, existem várias normas e manuais tratando sobre inspeção e avaliação das condições de pontes, especificando a periodicidade e maneira de se realizarem as inspeções assim como a capacitação dos inspetores.

A avaliação do estado é realizada para fornecer informações sobre (COST 345, 2007):

- A condição geral de uma estrutura e/ou dos seus componentes ou elementos;
- A intensidade e extensão dos defeitos e as zonas de deterioração - e também sua natureza e causa;
- O efeito dos defeitos e áreas de deterioração na estabilidade e manutenção da estrutura - este último abrange, por exemplo, estética, durabilidade e segurança no trânsito.

Os principais objetivos de uma avaliação são (COST 345, 2007):

- Identificar os processos de deterioração;
- Fornecer uma indicação da condição de uma estrutura e/ou dos seus componentes ou elementos;
- Identificar quais trabalhos são necessários, tais como inspeção, manutenção e/ou reparo - e também o custo provável e tempo de tais obras;
- Possibilitar a classificação de uma estrutura de acordo com a necessidade de novos trabalhos;
- Proporcionar uma indicação da condição de um grupo de estruturas a partir de uma série de avaliações;
- Otimizar as despesas com novas obras.

Para o DNIT (2004), a avaliação é subjetiva, mas o inspetor deve seguir recomendações para a emissão da nota de um elemento estrutural, de acordo com a Tabela 1, especificando as características deste elemento. Ao final é atribuída uma nota para a ponte referente à nota do menor elemento estrutural. Desta forma, atribui-se a condição da ponte àquela referente ao seu elemento mais degradado.

Por outro lado, existem métodos de avaliação baseados em um somatório de manifestações patológicas em cada elemento considerando a importância do elemento e a extensão desta



# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



manifestação. Dentre estes métodos, destaca-se o método europeu, em especial o utilizado pelo Instituto Nacional Esloveno de Construção e Engenharia Civil (ZAG), na Eslovênia.

**Tabela 1 - Descrição das notas de avaliação dos elementos estruturais (DNIT, 2004)**

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 danos gerando alguma 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 estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na 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 da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias <sup>1</sup> são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, em havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) - ou substituição da obra - deve ser feita sem tardar.	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.

Por este método, a avaliação da condição de uma ponte e/ou dos seus componentes pode ser descrita pela equação abaixo (COST 345, 2007):

$$R = \sum V_D = \sum B_i \cdot K_{1i} \cdot K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{4i} \quad (1)$$

em que:

VD - Valor de classificação para o tipo de dano.



# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



$B_i$  - o valor deste fator reflete o efeito potencial de um tipo particular de dano sobre a segurança e a durabilidade do elemento estrutural afetado. Os valores de  $B_i$  variam de 1 a 5.

$K_{1i}$  - este fator define a importância do componente ou membro estrutural para a segurança de toda a estrutura. Os valores de  $K_1$  são 0,3, 0,7 ou 1,0.

$K_{2i}$  - o valor deste fator, que varia de 0,4 a 1, reflete a intensidade do dano, sendo classificada em um de quatro tipos: I –leve (0,4), II- médio (0,6), III – grave (0,8), IV - muito grave (1,0).

$K_{3i}$  - o valor deste fator, que varia de 0,5 a 1 descreve a extensão do dano principal, sendo classificada de acordo com a percentagem dos elementos ou a área da superfície afetada como elementos individuais (0,5), vários elementos (0,8) ou sobre a maior parte da ponte (1,0).

$K_{4i}$  - o valor desse fator reflete a urgência de um trabalho de intervenção: os valores variam entre 0 e 10 (COST 345, 2007).

Com o valor de R pode-se classificar a ponte de acordo com a Tabela 2.

**TABELA 2 - Sistema de classificação utilizado na Eslovênia (COST 345, 2007).**

Classe	Descrição	R
1	Critica	>20
2	Ruim	14-22
3	Satisfatória	8-17
4	Boa	3-12
5	Muito Boa	0-5

Essas quantificações para a avaliação do estado atual de uma ponte dependem fortemente da experiência, capacitação e opinião do inspetor. Portanto dois inspetores que avaliem uma mesma ponte numa mesma época poderão classificá-las com índices diferentes. O método utilizado na Eslovênia utiliza parâmetros mais quantitativos, como o coeficiente  $K_{1i}$ , que avalia a extensão do dano, portanto diminui a dependência de fatores humanos que possibilitem avaliações distintas.

Com a utilização do coeficiente  $K_{3i}$ , esse último método, diferentemente do método do DNIT, avalia o elemento estrutural em relação a sua importância para a segurança total da estrutura, dando maior importância para elementos que possam levar ao colapso da estrutura.



# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



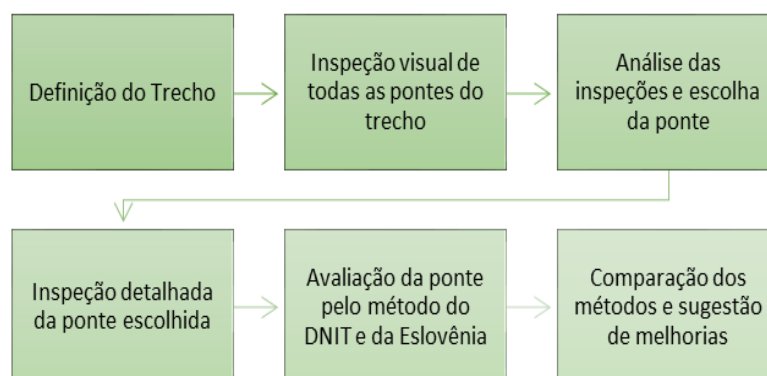
O método do DNIT é mais simples, deixando a avaliação da ponte com maior influência dos critérios utilizados pelo inspetor, sendo que somente um valor é atribuído para cada elemento estrutural e a nota final é o menor dentre esses valores. Já o método esloveno utiliza cinco coeficientes para cada elemento estrutural, multiplicando-os e posteriormente somando esses resultados para atribuir a nota final da ponte.

A metodologia utilizada na Eslovênia para a classificação da condição de uma ponte e armazenamento dessas informações difere da utilizada pelo DNIT no Brasil. De forma a comparar duas metodologias, este trabalho apresenta uma aplicação dos métodos de avaliação supracitados na avaliação de em uma ponte no Estado de Goiás. Espera-se, que assim, possa-se chegar a um aprimoramento das técnicas e ferramentas utilizadas no Brasil.

## Metodologia

Para a realização desse trabalho, inicialmente definiu-se o trecho de rodovia a ser estudado, no qual as pontes seriam inicialmente avaliadas, com o objetivo de selecionar aquela que estivesse mais danificada e que fosse viável de se inspecionar detalhadamente sem a necessidade de equipamentos de acesso especiais. Em seguida realizou-se uma inspeção detalhada da ponte selecionada e com as informações dessa inspeção avaliou-se a ponte selecionada pela utilização do método do DNIT e da Eslovênia para então comparar a metodologia e os resultados de ambos os métodos.

O fluxograma mostrado pela Figura 1 apresenta a metodologia utilizada.



**Figura 1 - Fluxograma da metodologia**

Para a realização da avaliação pelo método do DNIT, seguiram-se as recomendações e metodologias do Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (2004) do DNIT. Já a avaliação de





# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



acordo com a metodologia utilizada na Eslovênia foi feita em parceria com o instituto ZAG, instituto responsável por avaliação de pontes na Eslovênia.

## Resultados e Discussões

A ponte escolhida foi a Ponte sobre o Rio Lambari de, aproximadamente, 15m de vão, e um balanço em cada extremidade, com aproximadamente, 3,70m, composta por quatro longarinas, e quatro pilares quadrados em cada apoio.

Na realização da inspeção encontrou-se algumas manifestações patológicas como corrosão de algumas armaduras localizadas, um nicho de concretagem em uma longarina e em uma pequena parte da laje, um desnível no encontro da ponte, carbonatação e baixo cobrimento em alguns elementos. Em geral, a inspeção indicou que a ponte estava em uma condição aparentemente boa ou satisfatória.

As notas dos elementos da ponte, avaliados de acordo com o método do DNIT a partir da inspeção detalhada, estão apresentadas na tabela abaixo.

**TABELA 3 - Notas de acordo com o método do DNIT**

Elemento	Dano	Nota
Laje	Nicho de concretagem, fissura, vazamento de água através de fissura, presença de umidade, desagregação do concreto, cobrimento insuficiente, corrosão das armaduras	4
Longarinas	Fissura, nicho de concretagem, cobrimento insuficiente, presença de armadura exposta, carbonatação	4
Encontro	Desnível	3
Drenagem	Entupimento	4
Margem do Rio	Erosão	4
Pilares	Baixo cobrimento	5
Ala	Fissura	4
Transversina	Umidade, carbonatação, corrosão dos estribos	4
Guarda Roda	Fissuras	4
Barreira	Fissuras, destruídos	4



# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Elemento	Dano	Nota
Pavimento	Buraco	4
Ap. Apoio	∅	5
Nota Final	<b>3</b>	

Alguns elementos poderiam ser classificados com notas diferentes dependendo da coluna que se considerasse da Tabela 1. Por exemplo no caso das lajes, na coluna Dano no elemento / Insuficiência estrutural, seria classificada como possuindo alguns danos mas sem sinais de que estivesse gerando insuficiência estrutural, possuindo dessa forma uma nota 4, já na coluna Ação corretiva, seria classificada como nota 3. Esse foi o mesmo caso para as longarinas, margem do rio, ala, guarda roda e barreira. Nesses casos optou-se pela nota menor que garantisse maior segurança, porém essas notas não interferiram na nota final da ponte, três. Sendo assim, a ponte foi classificada como estando boa aparentemente.

Os resultados da inspeção da ponte sobre o Rio Lambari, utilizando o método do ZAG, estão apresentados na Tabela 4 a seguir.

**TABELA 4 - Classificação de acordo com o método do ZAG**

Elemento	Dano	B	K1	K2	K3	K4	Kd
Encontro	Desnível	2,0	0,7	0,6	0,5	3,0	1,26
Proteção do Talude	Rachaduras	1,0	0,3	0,4	0,5	1,0	0,06
Dreno	Entupimento	1,0	0,3	0,4	1,0	1,0	0,12
Leito do rio	Erosão	1,0	1,0	1,0	0,5	3,0	1,50
Alas	Fissura	2,0	0,7	1,0	0,5	1,0	0,70
Lajes	Nicho de concretagem	1,0	1,0	0,4	0,5	1,0	0,20
	Vazamento de água através de fissura	2,0		0,6	0,5	3,0	1,80
	Umidade	1,0		0,4	0,5	1,0	0,20
	Desagregação do concreto	3,0		1,0	0,8	1,0	2,40



# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

Realização:



COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Elemento	Dano	B	K1	K2	K3	K4	Kd
	Carbonatação	2,0		1,0	1,0	1,0	2,00
	Baixo cobrimento	3,0		0,8	1,0	1,0	2,40
Longarinas	Fissura	2,0	1,0	0,4	0,5	1,0	0,40
	Nicho de concretagem	1,0		0,6	0,5	1,0	0,30
	Baixo cobrimento	3,0		0,8	1,0	1,0	2,40
	Carbonatação	2,0		1,0	1,0	1,0	2,00
	Armadura exposta	2,0		1,0	0,5	1,0	1,00
	Corrosão da armadura de flexão	3,0		0,4	0,5	1,0	0,60
	Corrosão dos estribos	1,0		0,6	1,0	3,0	1,80
Transversinas no encontro	Vazamento de água através de fissura	2,0	1,0	0,4	0,5	1,0	0,40
	Carbonatação	2,0		0,8	1,0	1,0	1,60
	Baixo cobrimento	3,0		0,8	1,0	1,0	2,40
Transversinas sobre apoios	Carbonatação	2,0	1,0	0,8	1,0	1,0	1,60
	Baixo cobrimento	3,0		0,8	1,0	1,0	2,40
Transversinas no meio do vão	Carbonatação	2,0	0,7	0,8	1,0	1,0	1,12
	Baixo cobrimento	3,0		0,8	1,0	1,0	1,68
Guarda Roda	Fissuras	2,0	1,0	0,6	0,8	1,0	0,96
Pavimento	Buraco	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	0,50
Barreira	Quebrada	1,0	0,3	0,6	0,8	3,0	0,43
Pilares	Baixo cobrimento	3,0	1,0	0,4	0,8	1,0	0,96
<b>Total</b>							<b>34,23</b>





# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de  
maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Optou-se por quantificar o coeficiente  $k_4$  para o dano na proteção do talude como 1, porém recomenda-se que realizasse um monitoramento da evolução desse dano durante as próximas inspeções, para verificar a evolução ou estabilização do mesmo.

Em alguns danos como a armadura exposta e nicho de concretagem da longarina, nicho de concretagem e desagregação do concreto da laje, optou-se por avaliar como 1 o coeficiente  $k_4$ , mas recomenda-se um reparo num período de 24 meses, essa medida foi tomada para tentar não elevar muito o resultado final.

Apesar dessas medidas, a nota total da ponte foi 34,23, classificando a ponte em estado crítico. Um ponto a ser levantado é a importância que o desnível no encontro da ponte apresentou no método do DNIT, pois foi essa manifestação que foi responsável pela classificação da ponte como boa aparentemente. Pelo outro lado a nota dessa patologia no método da Eslovênia não chegou a representar 4% da nota total da ponte. Portanto, se esse desnível não existisse, a ponte seria classificada como boa, pelo método do DNIT, mas isso não alteraria o resultado final do método esloveno. Desta forma, pode-se destacar a sensibilidade do método brasileiro a interferência de somente um defeito pois o elemento mais danificado governa a nota final.

Por outro lado, existe um somatório aparentemente exagerado dos defeitos que levariam a um mesmo defeito, como carbonatação, baixo cobrimento, umidade, corrosão de armadura, acarretando uma nota demasiadamente elevada, portanto não condizente com a realidade.

O resultado apresentado pelo método do DNIT condiz melhor com a realidade da ponte, no entanto apresenta algumas dificuldades de classificar os elementos da ponte de acordo com seus critérios, transformando essa avaliação ainda mais subjetiva.

Já o resultado obtido pela utilização do método do ZAG apresentou um valor indicativo que a ponte estaria num estado mais degradado do que a realidade. Pode-se considerar que esse valor elevado esteja relacionado com os ensaios realizados, que demonstraram a presença de carbonatação na ponte, desconsiderando esses resultados, considerando apenas a inspeção visual, o resultado seria 26,76, que continuaria indicando que a ponte está em estado crítico. Outra possibilidade levantada foi a somatória do mesmo defeito em diferentes transversinas, porém eliminando-se os valores devido a carbonatação e dentre as transversinas considerando os defeitos iguais somente uma vez, a nota total ficaria 21,72, ou seja, ainda estaria classificada como crítica.



# VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014  
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Pela utilização dos métodos percebeu-se uma facilidade maior de classificar os danos de acordo com o método da Eslovênia, porém obteve-se um resultado melhor com a utilização do método do DNIT.

## Conclusões

O objetivo deste artigo foi comparar os métodos de avaliação do estado de conservação de uma ponte no Brasil utilizando-se o método de inspeção de OAE do DNIT e o utilizado no instituto ZAG da Eslovênia. Para alcançar esse objetivo, realizou-se a inspeção de uma ponte e sua avaliação e classificação por ambos os métodos.

Pode-se perceber que a utilização de um método de somatória das notas de cada defeito, detalhando-os mais, possui a vantagem de facilitar a comparação entre inspeções da mesma obra e diminuir um pouco a dependência da qualificação do inspetor e a interferência que um único defeito pode ter na avaliação total de uma ponte, porém pode apresentar uma classificação errônea do estado da ponte devido à somatória de pequenos danos e de danos que naturalmente se somam. Já a utilização de um método simples utilizando uma única nota por elemento, apresentou um resultado muito mais próximo do real estado da ponte, porém, possui uma dependência maior da qualificação do inspetor e da generalização da nota da ponte devido a somente um elemento.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452 - Vistorias de pontes e viadutos de concreto. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 6118: Projeto de estruturas de concreto: Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-PRO 123/94: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido -procedimento. Rio de Janeiro, 1994.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. Manual de Inspeção de Obras de Arte Especiais. Rio de Janeiro, 1994.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de InfraEstrutura de Transportes - DNIT. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de InfraEstrutura de Transportes - DNIT. NORMA DNIT 010/2004 – PRO Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- COST 345, 2007. Procedures for Assessing Highway Structures, Final report of the COST 345 action. Crowthorne/Ljubljana, <http://cost345.zag.si/>: Transport Research Laboratory/ZavodzagradbeništvoSlovenije.