

## Inspeção Extraordinária de OAE Motivada por Inundação: Um Comparativo de Aumento de Criticidade das Manifestações Patológicas em Pontes em Diferentes Estados de Conservação

Bruno Henrique Soares Gazzinelli Cruz<sup>1</sup>, Luiz Flávio de Moraes Tamietti<sup>2</sup>, Antônio de Rossini e Andrade<sup>3</sup>, Gustavo Fiorini Coutinho<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais / BHG Engenharia / Engenharia Civil / [bruno@bhgenharia.com](mailto:bruno@bhgenharia.com)

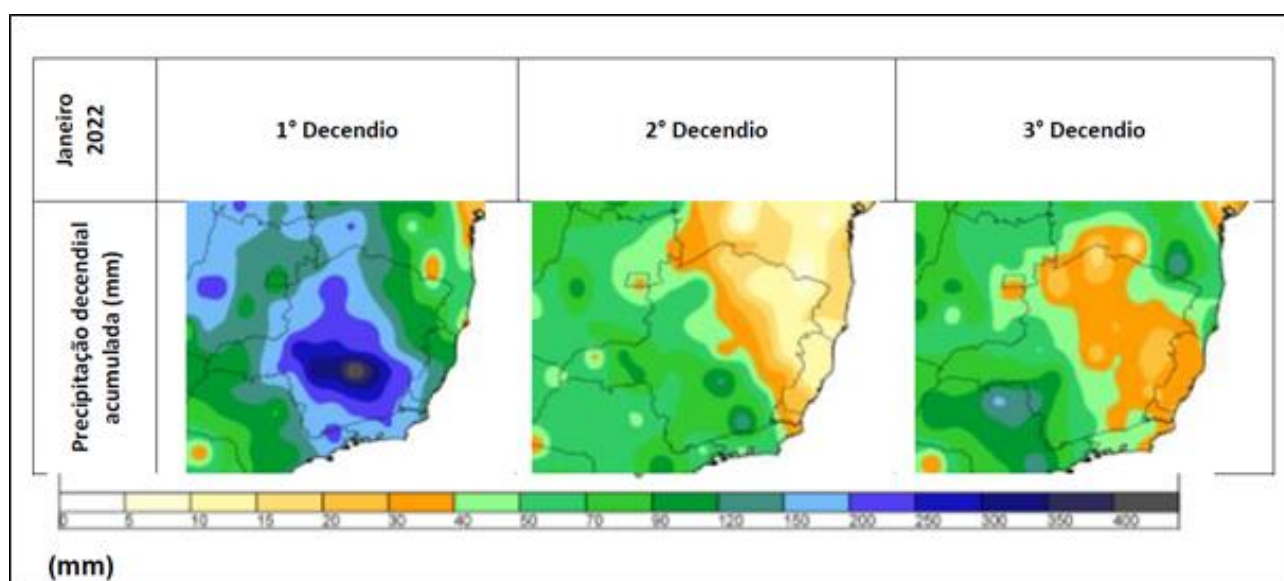
<sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais / BHG Engenharia / Engenharia Civil / [luiz.moraes@bhgenharia.com](mailto:luiz.moraes@bhgenharia.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais / BHG Engenharia / Engenharia Civil / [antonio.rossini@bhgenharia.com](mailto:antonio.rossini@bhgenharia.com)

<sup>4</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais / Expertise Engenharia / Engenharia Civil / [gustavo@expertiseengenharia.com.br](mailto:gustavo@expertiseengenharia.com.br)

### Resumo

O ano de 2022 iniciou-se com chuvas acima da média histórica na Região Metropolitana de Belo Horizonte, em especial no 1º Decêndio de Janeiro, onde destacam-se ao final deste período valores superiores a 400 mm, conforme dados do INMET:



**Figura 01 – Precipitação acumulada no final de cada decêndio de janeiro/2022 – Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET**

Este cenário excepcional causou eventos hídricos de natureza extraordinária em toda a região. A infraestrutura rodoviária dos municípios da Grande Belo Horizonte, bem como de seus acessos, foi fortemente afetada por condições não planejadas em projeto, principalmente no tocante a inundações.

Desta forma, tornou-se necessária a realização de perícias e inspeções extraordinárias, afim de verificar os efeitos destas inundações não planejadas nos mais diversos tipos de estrutura, visando avaliar principalmente as condições estruturais, de durabilidade e funcionalidade. Sendo as Pontes, elementos essenciais de ligação, foi realizada uma inspeção extraordinária de 02 (Duas) Pontes em um Município da RMBH, motivadas por uma inundação não prevista na concepção de seus projetos, cuja análise aqui será abordada.

## **Palavras-chave**

Ponte; Oae; Inspeção; Extraordinária; Inundação; Perícia;

## **Introdução**

O trabalho desenvolvido teve por objetivo analisar se houve aumento da criticidade das manifestações patológicas, bem como informar se surgiram novas patologias apontadas no período entre 02 inspeções realizadas. A primeira inspeção, de caráter periódico, foi realizada em Outubro de 2019, enquanto a segunda, realizada em caráter extraordinário, realizada em Junho de 2022. Cumpre esclarecer, conforme relatado anteriormente, que a excepcionalidade motivadora da inspeção extraordinária foi a inundação e submersão das Pontes.

Acrescenta-se que, apesar de as inspeções terem sido realizadas por profissionais e empresas diferentes, ambos procedimentos partilharam da mesma metodologia. Ainda, foram disponibilizados os dados da inspeção de 2019 para que se permitisse a análise comparativa qualitativa do possível aumento de criticidade e quantitativa do número de possíveis novas ocorrências.

Diante dos resultados obtidos da inspeção realizada em 2022 e de posse dos dados de 2019, pode-se desenvolver um comparativo quantitativo e qualitativo do surgimento de novas manifestações patológicas, bem como a análise quanto ao aumento da criticidade das ocorrências pré-existentes.

## **Metodologia dos Trabalhos**

Para realização da inspeção extraordinária, utilizou-se, além das Normativas Técnicas da ABNT, foram empregados os seguintes recursos: trenas (laser), fissurômetro e câmera fotográfica digital. A vistoria foi realizada no período diurno e foram inspecionados os elementos estruturais do tabuleiro, pilares e apoios dos encontros, além de pavimento, guarda-corpos e passeios sobre a OAE.

O cadastramento geométrico foi realizado durante a inspeção de 2019, sendo aproveitado para a segunda inspeção, realizada em 2022.

A inspeção foi feita sem a devida limpeza da estrutura da ponte com jato de água de pressão e remoção da vegetação existente. Os elementos estruturais tais como, fundações, encontros e pilares, por estarem enterrados, não foram vistoriados nem avaliados com métodos indiretos.

Os registros fotográficos da face inferior dos tabuleiros e elementos de sustentação foram realizados a partir do nível do solo ou lâmina d'água, quando possíveis.

Tendo sido inventariadas todas as manifestações patológicas, apresentou-se um croqui de anomalias das respectivas faces e cortes das Pontes.

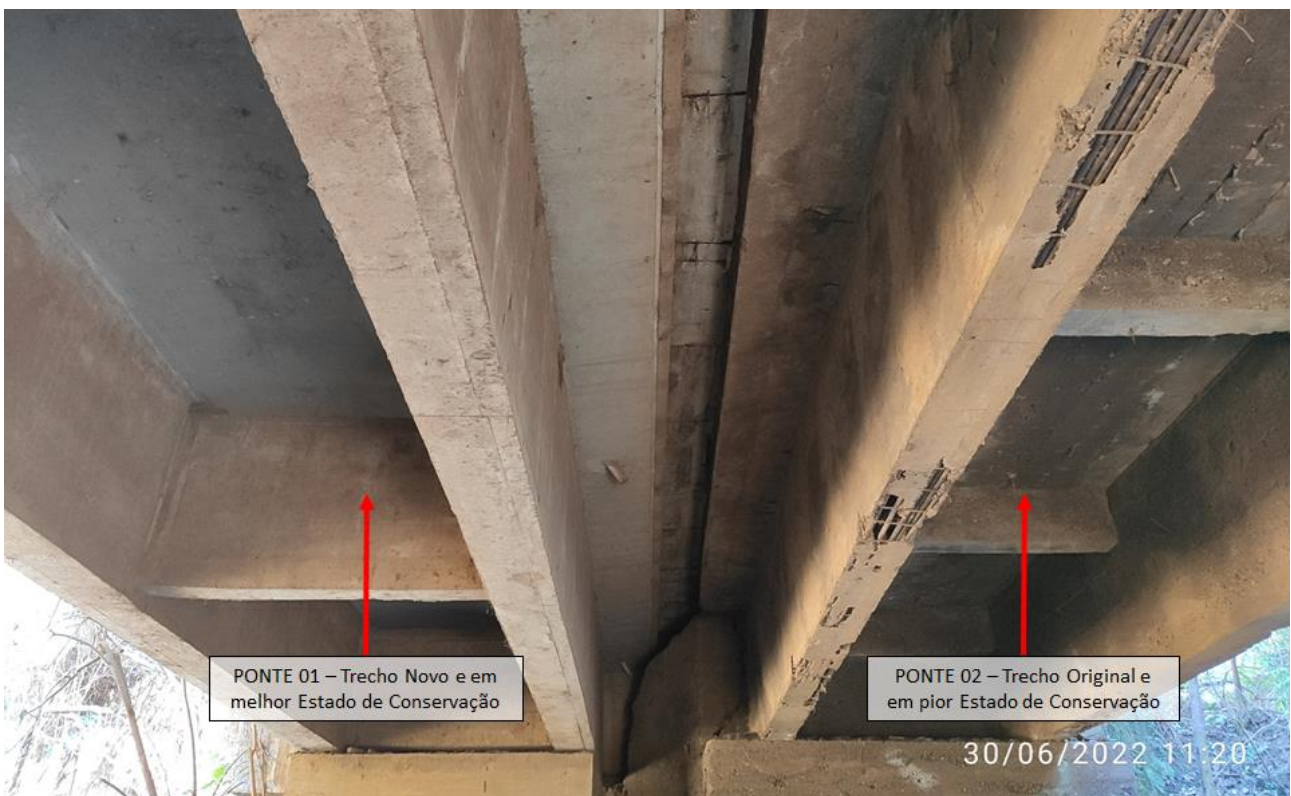
## **Caracterização das Pontes**

Inicialmente, cumpre esclarecer que se trata de 02 Pontes localizadas sobre o mesmo trecho de rio, sendo ambas feitas em concreto armado, tendo as mesmas dimensões em relação a comprimento, largura e gabarito, e que as diferenças físicas relevantes se dão apenas pela idade construtiva, que se diferenciam de um período de aproximadamente 30 anos entre as construções e da manutenção empregada durante seu período de Vida Útil.

Portanto, denomina-se como Ponte 01, a Ponte mais nova e em melhor estado de conservação sob a ótica do cenário pré-inundação; enquanto a Ponte 02 é caracterizada como a mais antiga e em pior estado de conservação.



**Figura 02 – Caracterização das Pontes 01 e 02 – Fonte: Elaborado pelos Autores**



**Figura 03 – Caracterização das Pontes 01 e 02 – Fonte: Elaborado pelos Autores**

Seguido ao evento de inundação das Pontes, após uma vistoria sensorial realizada imediatamente após a ocorrência, foi identificada a necessidade de avaliar a profundidade e o aumento da criticidade das manifestações patológicas presentes na estrutura. Cumpre salientar que ambas a Inspeção Periódica das Pontes data do ano de 2019, tendo sido observadas manifestações patológicas importantes quanto



a danos estruturais e durabilidade, que servirão de base para comparativo dos resultados pós Inspeção Extraordinária.

Passados 05 meses da inundação, foi realizada uma Inspeção Extraordinária em ambas as Pontes, contemplando todos os elementos, desde a infra, meso e superestruturas até a pista de rolamento, barreiras de proteção, elementos de drenagem e acessos. Em seguida, fez-se a classificação de cada OAE conforme a “NBR – 9452/2019 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento”, aqui expostas:

### Diagnóstico Ponte 01 – Trecho Novo

Conforme preconiza a “NBR 9452 - Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto – Procedimento”, foi realizada a classificação da Ponte 01, referente ao Trecho Novo, respectiva aos aspectos Estrutural, Funcional e de Durabilidade. Entretanto, foi observado que, para cada aspecto, seria necessária uma abordagem específica, resultando em classificações com valores diferentes para cada aspecto, haja visto que os mesmos não eram uniformes para aquela estrutura.

Ponte 01 - Trecho Novo								
Estrutural			Funcional			Durabilidade		
Caracterização Estrutural	Nota de classificação	Condição	Caracterização Funcional	Nota de classificação	Condição	Caracterização Durabilidade	Nota de classificação	Condição
A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	4	Boa	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	2	Ruim	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.	4	Boa

**Figura 04 – Classificação da Ponte 01 Trecho Novo conforme NBR 9452/2019 quanto os aspectos - Estrutural – Funcionalidade – Durabilidade – Fonte: Elaborado pelos Autores**

Quanto a estabilidade da estrutura, o trecho novo da OAE apresenta pequenos danos, sem comprometer a segurança estrutural. Existe desgaste superficial no concreto do bloco de fundação do pilar Leste, bem como de um espaço vazio sob a projeção do bloco de fundação de acordo com corte B lado Sul. Além disso, também foi notada uma eflorescência na face inferior do tabuleiro próximo ao encontro Leste do trecho.

Quanto a durabilidade, o trecho novo da OAE apresenta anomalias com potencial de agravamento limitado, que comprometem pouco sua vida útil, devida a região de baixa agressividade ambiental. As anomalias deste trecho são compostas por eflorescências e buzinetes ineficientes.

Quanto a funcionalidade, o trecho novo da OAE, apresenta funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança aos usuários, transeuntes e motoristas, requerendo intervenções de curto prazo. Foi observado a obstrução por acúmulo de detritos e matéria orgânica e ausência de guarda corpo no passeio, presença de trincas na capa asfáltica, além disso foi constatada uma haste de sinalização danificada.

### Diagnóstico Ponte 02 – Trecho Original

Também para a Ponte 02, referente ao Trecho Novo, foi realizada a classificação, respectiva aos aspectos Estrutural, Funcional e de Durabilidade. Para este trecho foi observado que, para cada

aspecto, seria necessária uma abordagem específica, resultando em classificações com valores diferentes para cada aspecto, haja visto que os mesmos não eram uniformes para aquela estrutura.

Ponte 02 – Trecho Original								
Estrutural			Funcional			Durabilidade		
Caracterização Estrutural	Nota de classificação	Condição	Caracterização Funcional	Nota de classificação	Condição	Caracterização Durabilidade	Nota de classificação	Condição
Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	2	Ruim	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	2	Ruim	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.	2	Ruim

**Figura 05 – Classificação da Ponte 02 Trecho Original conforme NBR 9452/2019 quanto os aspectos - Estrutural – Funcionalidade – Durabilidade – Fonte: Elaborado pelos Autores**

Quanto a estabilidade da estrutura, o trecho original da OAE apresenta uma situação precária, quase crítica, com diversas anomalias que poderão causar danos estruturais que comprometerão a estabilidade da estrutura como um todo. A superestrutura do trecho original é permeada por desagregações de concreto, armaduras expostas, eflorescências, perdas de seção e deslocamentos de concreto. Na mesoestrutura, mais precisamente no pilar Oeste, foram notadas desagregações de concreto e fissuras. No encontro Oeste, foi observada uma fenda de dimensões alarmantes e que em caso de novas enchentes irá se propagar.

Quanto a durabilidade, O trecho original da OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometem sua vida útil. Foram observados diversos reparos localizados para recuperar as anomalias que irão gerar, ou já geraram, corrosão nas armaduras.

Quanto a funcionalidade, o trecho original da OAE, apresenta funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança aos usuários, transeuntes e motoristas, requerendo intervenções de curto prazo. Foi observado ausência de barreira rígida e a existência de trincas no passeio central para pedestres, além de trincas na capa asfáltica.

### **Classificação das Anomalias Quanto Nível de Criticidade e Sua Evolução**

Para que fosse possível realizar um comparativo qualitativo das manifestações patológicas e de sua evolução, foram definidos 03 (três) critérios de classificação das anomalias. Por se tratarem de manifestações patológicas de diferentes causas e efeitos nos vários elementos que compõem a estrutura, fez-se uma metodologia de classificação relacionada ao impacto da mesma quanto a *Estabilidade, Durabilidade e Funcionalidade*. Apresenta-se a seguir os critérios utilizados:

*Leves* – As ocorrências classificadas como leves são ocorrências ligadas somente a Durabilidade, afetando diretamente as condições de Vida Útil de Projeto.

*Moderada* – As ocorrências classificadas como moderadas são ocorrências ligadas a Durabilidade e Funcionalidade, afetando diretamente as condições de Vida Útil de Projeto e o Nível de Desempenho do Elemento Estrutural.

*Grave* – As ocorrências classificadas como moderadas são ocorrências ligadas a Durabilidade, Funcionalidade e Estabilidade, afetando diretamente as condições de Vida Útil de Projeto, o Nível de Desempenho e a Segurança do Elemento Estrutural.



**Figura 06 – Classificação das Anomalias Quanto Nível de Criticidade e Sua Evolução – Fonte: Elaborado pelos Autores**

### **Demonstrativo de Anomalias Quanto ao Estado de Conservação e Idade Construtiva, Análise e Conclusões**

Para a realização de um comparativo, faz-se necessária a apresentação quantitativa e qualitativa das ocorrências em cada uma das Pontes. Para tanto, fez-se uma análise dos cenários pré e pós inundação, avaliando a quantidade pré-existente e o surgimento de novas anomalias em cada uma das OAE, bem como apontando em qual elemento específico da estrutura surgiu a ocorrência. Foram objeto de análise os Acessos, as Pistas de Rodagem, os elementos de Drenagem, as Barreiras de Proteção, os Encontros, a Superestrutura, Mesoestrutura e, por fim, a Infraestrutura.

Para a avaliação qualitativa, fez-se a classificação das manifestações quanto ao seu grau, dividindo entre os conceitos “Leve”, “Moderado” e “Grave” já apresentados anteriormente, conforme seu impacto na estrutura analisada.

Apresenta-se a seguir o Demonstrativo Quantitativo e Qualitativo das Manifestações Patológicas, onde pode-se observar o levantamento das ocorrências pré-existentes e do surgimento de novas anomalias posteriores ao evento. Inicia-se pela Ponte 01, Mais Nova e Conservada:



Demonstrativo de Manifestações Patológicas da Ponte 01									
PONTE 01 - Mais Nova e Conservada									
Período	Criticidade	Elemento da Ponte							
		Acesso	Rodagem	Drenagem	Barreira de Proteção	Encontro	Superestrutura	Mesoestrutura	Infraestrutura
Ocorrências Pré- Existentes	Leve	-	1	-	-	-	1	-	1
	Moderado	1	1	2	-	-	-	1	-
	Grave	-	-	-	-	-	-	-	1
Período	Criticidade	Elemento da Ponte							
		Acesso	Rodagem	Drenagem	Barreira de Proteção	Encontro	Superestrutura	Mesoestrutura	Infraestrutura
Novas Ocorrências	Leve	1	1	-	-	-	-	-	-
	Moderado	-	1	-	-	-	-	-	-
	Grave	-	-	-	-	-	-	-	-

**Figura 07 – Demonstrativo Quantitativo e Qualitativo das Manifestações Patológicas – Ponte 01 – Trecho Novo - Fonte: Elaborado pelos Autores**



**Figura 08 – Demonstrativo Qualitativo Exemplificativo das Manifestações Patológicas – Ponte 01 – Trecho Novo - Fonte: Elaborado pelos Autores**

Em seguida, apresenta-se o Demonstrativo da Ponte 02, sendo esta a Ponte mais Antiga e em Pior estado de conservação:

Demonstrativo de Manifestações Patológicas da Ponte 02									
PONTE 02 - Mais Antiga e Menos Conservada									
Período	Criticidade	Elemento da Ponte							
		Acesso	Rodagem	Drenagem	Barreira de Proteção	Encontro	Superestrutura	Mesoestrutura	Infraestrutura
Ocorrências Pré- Existentes	Leve	-	-	-	-	-	1	-	-
	Moderado	-	-	-	-	-	12	1	1
	Grave	-	-	-	-	3	3	-	1
Período	Criticidade	Elemento da Ponte							
		Acesso	Rodagem	Drenagem	Barreira de Proteção	Encontro	Superestrutura	Mesoestrutura	Infraestrutura
Novas Ocorrências	Leve	1	1	-	-	-	-	-	-
	Moderado	-	-	-	-	-	-	-	-
	Grave	-	1	-	1	2	1	-	-

**Figura 09 – Demonstrativo Quantitativo e Qualitativo das Manifestações Patológicas – Ponte 02 – Trecho Original - Fonte: Elaborado pelos Autores**



**Figura 10 – Demonstrativo Qualitativo Exemplificativo das Manifestações Patológicas – Ponte 02 – Trecho Original - Fonte: Elaborado pelos Autores**

Assim, pode-se concluir que:

A Ponte 01 – Trecho Novo teve uma variação ligeiramente maior (33,33%) de manifestações patológicas em relação a Ponte 02 – Trecho Original (31,28%).

Entretanto, na Ponte 01, as ocorrências pós inundação surgiram em elementos mais superficiais, como pista de rodagem e acesso. Já na Ponte 02, houve danos leves na superfície e pista de rolagem, enquanto os elementos estruturais foram afetados de forma mais grave.

Na Ponte 02, menos conservada, houve um aumento de criticidade em relação as condições de estabilidade estrutural, enquanto na Ponte 01, a inundação não apresentou aumento de riscos graves.



Portanto, é possível afirmar que o Estado de Conservação de uma Ponte, quando submetida a um evento extraordinário de inundação ao qual não foi planejado, é fator preponderante no aumento de criticidade e extensão dos danos causados a estrutura.

## **Referências**

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento, Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9452: Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto - Procedimento, Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13752: Perícias de Engenharia na Construção Civil, Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (2022). Minas Gerais: Balanço Climatológico De Janeiro De 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/minas-gerais-balan%C3%A7o-climatol%C3%B3gico-de-janeiro-2022>. Acesso em 29 de Agosto de 2022.