CAPÍTULO 97 · Parte V · Diagnóstico
DOI do capítulo: https://doi.org/10.67775/g6zmkm31
Trabalho apresentado no CBPAT 2026 e publicado nos anais do evento: https://doi.org/10.67775/cfmc2881

APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT NA PRIORIZAÇÃO DE DANOS EM PONTE DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO DA PONTE GREGÓRIO BEZERRA – RECIFE/PE

Hortência Rodrigues da Silva[1]*, José Victor Pereira dos Santos [2]; Marcos Mendonça Barbosa [3], Valdemir Nery de Santana Júnior [4]; Felipe Mendes da Cruz[5] e Eliana Cristina Barreto Monteiro[6]
*Autor de contato: hrs@poli.br

[1] Mestranda em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil
[2] Mestrando em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil
[3] Mestrando em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil
[4] Mestrando em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil
[5] Professor Doutor, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil
[6] Professora Doutora, Universidade de Pernambuco e Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil

RESUMO

A cidade do Recife apresenta grande quantidade de pontes submetidas à ação contínua das marés e ao ambiente marinho. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo identificar e classificar os danos observados na Ponte Gregório Bezerra por meio de inspeção visual. Para a priorização das intervenções, aplicou-se a matriz GUT. Os resultados evidenciaram maior criticidade nas regiões dos tubulões expostos à variação de maré, com ocorrência de corrosão avançada. Elementos da mesoestrutura e superestrutura apresentaram danos de menor severidade, demandando intervenções pontuais. A metodologia demonstrou ser uma ferramenta eficiente para apoiar a tomada de decisão na gestão de manutenção de pontes urbanas.
Palavras-chave: diagnóstico; pontes em concreto; levantamento de danos; matriz GUT.

ABSTRACT

The city of Recife has a large number of bridges subjected to continuous tidal action and the marine environment. In this context, the present study aimed to identify and classify the damage observed on the Gregório Bezerra Bridge through visual inspection. The GUT matrix was applied to prioritize interventions. The results showed greater criticality in the caisson regions exposed to tidal variation, with advanced corrosion. Elements of the substructure and superstructure presented less severe damage, requiring only targeted interventions. The methodology proved to be an efficient tool to support decision-making in the maintenance management of urban bridges.
Keywords: diagnosis; concrete bridges; damage assessment; GUT matrix.

1. INTRODUÇÃO

A integridade estrutural de pontes é influenciada por uma combinação de fatores internos e externos que, ao longo do tempo, contribuem significativamente para processos de degradação, muitas vezes silenciosos e cumulativos (Zhang et al., 2022).

De acordo com os estudos de Bozio e Fisch (2023), a degradação de pontes de concreto armado é agravada por uma série de fatores, dentre os quais se destacam a exposição a ambientes agressivos, falhas construtivas, aplicação de sobrecargas não previstas no projeto original e, principalmente, a ausência ou ineficácia de ações preventivas de manutenção e monitoramento.

A cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, é conhecida como a "Veneza Brasileira" em razão da expressiva quantidade de pontes que conectam suas diversas ilhas e atravessam seus rios. Essas estruturas encontram-se constantemente expostas às variações de maré e à ação de agentes agressivos típicos de ambiente marinho. Como consequência, podem apresentar perda gradual ou mesmo repentina de sua capacidade de atender aos critérios de resistência, estabilidade e durabilidade exigidos para seu desempenho seguro.

Diante desse contexto, o presente artigo tem por objetivo identificar e classificar os danos observados na Ponte Gregório Bezerra, por meio de inspeção visual, bem como aplicar a matriz GUT (Gravidade x Urgência x Tendência), a fim de subsidiar um diagnóstico técnico de intervenção, estruturado de forma clara e acessível.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição e característica da ponte

A Ponte Gregório Bezerra está localizada sobre o braço morto do rio Capibaribe ligando o bairro da Ilha do Retiro ao bairro da Ilha Joana Bezerra, Recife-PE. Inaugurada em 2004, possui estrutura em concreto protendido com faixa de rolamento com largura de 14,00 m e ciclovia de 2,50 m, vão central de 32,00 m, comprimento de 117,00 m, com 5 vãos e com largura do passeio de 1,70 m e 2,00 m, conforme Figura 1.

Figura 1 –Vista panorâmica da Ponte Gregório Bezerra



Fonte: os autores.

A superestrutura é composta por um tabuleiro de vigas longarinas. A mesoestrutura é composta vigas travessas e infraestrutura por tubulões a ar comprimido, disposto em linhas, conforme Figura 2.

Figura 2–Elementos estruturais da Ponte Gregório Bezerra



Fonte: os autores.

2.2 Critérios da matriz GUT

Para a pesquisa foram considerados 5 graus de Gravidade com notas variando de 1 a 5, com o objetivo de relacionar as manifestações patológicas observadas na ponte e seu potencial de dano para a estrutura, bem como com a segurança dos usuários com este equipamento público.

Para situações em que não houve nenhum risco à integridade da ponte, considerou-se o grau “sem gravidade” e nota 1 correspondente. Para situações de pequenos incômodos estéticos, substituições de sistemas ou reparos de manutenção tem-se o grau “pouco grave” com nota 2. Para situações observadas de deterioração que necessite de reparo ou restauração que possa provocar perda de funcionalidade definiu-se o grau “grave” com nota 3.

Para situações de impacto recuperável com o comprometimento parcial do desempenho e funcionalidade, considerou-se o grau “muito grave” com nota 4. E por fim, para situações observadas de risco de colapso pontual ou generalizado ou de impacto irrecuperável com perda excessiva do desempenho e funcionalidade, considerou-se o grau “extremamente grave” com nota 5, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Pontuação da GUT – Gravidade

Nota	Grau	Definição do grau
1	Sem gravidade	Nenhum risco à integridade da ponte.
2	Pouco grave	Pequenos incômodos estéticos ou de utilização, pequenas substituições de componentes ou sistemas, reparos de manutenção planejada para recuperação ou prolongamento de vida útil.
3	Grave	Deterioração passível de restauração/reparo, podendo provocar perda de funcionalidade.
4	Muito grave	Impacto recuperável com o comprometimento parcial do desempenho e funcionalidade (vida útil da estrutura)
5	Extremamente grave	Risco de colapso pontual ou generalizado, impacto irrecuperável com perda excessiva do desempenho e funcionalidade, comprometimento irrecuperável da vida útil.

Fonte: adaptada de Piazza (2019).

Foi adotado também 5 graus de Urgência com notas de 1 a 5 com a finalidade de analisar o nível de significância da manifestação patológica no tempo em que o dano precisa ser tratado e solucionado e na velocidade com a qual a estrutura da ponte danificada deva sofrer alguma intervenção.

Para situações sem urgência identificada considerou-se o grau “nenhuma” com nota 1. Para situações de sinais preliminares de degradação requerendo ação preventiva em prazo não urgente definiu-se o grau “baixa” com nota 2. Para situações de cenário de deterioração com tendência de evolução rápida adotou-se o grau “média” com nota 3.

Para situações de incidentes prestes a ocorrer com intervenção urgente com necessidade de medidas corretivas emergenciais considerou-se o grau “grande urgência” com nota 4. E por fim, para situações de incidente em ocorrência com intervenção imediata passível de interdição da ponte definiu-se o grau “emergência” com nota 5, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Pontuação da GUT – Urgência

Nota	Grau	Definição do grau
1	Nenhuma	Sem urgência identificada, faz-se necessário manutenção preventiva.
2	Baixa	Sinais preliminares de degradação, requerendo ação preventiva em prazo não urgente.
3	Média	Cenário de deterioração com tendência de evolução rápida.
4	Grande urgência	Incidente prestes a ocorrer. Intervenção urgente, com necessidade de medidas corretivas emergenciais.
5	Emergência	Incidente em ocorrência. Intervenção imediata, passível de interdição da ponte.

Fonte: adaptada de Piazza (2019).

Definiu-se também 5 graus de Tendência com notas de 1 a 5 com o propósito de avaliar a probabilidade de agravamento ou redução do problema com o passar do tempo caso nenhuma medida seja tomada.

Para situações de evolução estável, adotou-se o grau “nenhuma” com nota 1. Para situações de possível evolução ao longo dos anos definiu-se o grau “baixa” com nota 2. Para situações de evolução lenta considerou-se o grau “média” com nota 3. Para situações de evolução acelerada adotou-se o grau “grande urgência” com nota 4. E por fim, para situações de evolução imediata definiu-se o grau “emergência com nota 5, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Pontuação da GUT – Tendência

Nota	Grau	Definição do grau
1	Nenhuma	Evolução estável.
2	Baixa	Possível evolução, ao longo dos anos.
3	Média	Evolução lenta.
4	Grande urgência	Evolução acelerada.
5	Emergência	Evolução imediata.

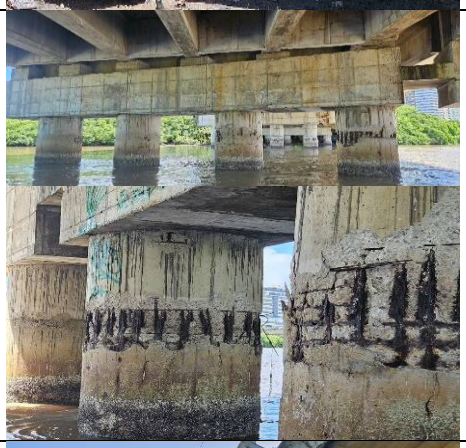
Fonte: adaptada de Piazza (2019).

Obtidas os pesos para cada campo (Gravidade, Urgência e Tendência), o estudo passa a classificar o nível de cada manifestação patológica da ponte, calculando o produto dos seus respectivos valores (GxUxT). Foram relacionadas as prioridades por ordem decrescente do valor obtido para cada manifestação patológica, aplicada a cada elemento estrutural da ponte (infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura).

3. LEVANTAMENTO DOS DANOS

O Quadro 4 elenca os danos encontrados na Ponte Gregório Bezerra, separados por elemento estrutual:

Quadro 4 – Levantamento de danos na Ponte Gregório Bezerra

Elemento Estrutural	Registro	Manifestação Patológica
Bloco		• Calcinação do concreto • Destacamento do concreto • Exposição de armaduras oxidadas
Tubulões		• Incrustação de moluscos • Fissuras e trincas • Destacamento do concreto • Exposição de armaduras oxidadas
Viga Travessa		• Fissuras • Manchas formadas por infiltrações
Vigas Longarinas		• Integras
Laje do tabuleiro		• Pontos de infiltração • Manchas formadas por infiltrações • Pontos de exposição de armaduras

Fonte: os autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cidade do Recife está sujeita ao regime de maré semidiurno, caracterizado pela ocorrência de duas baixa-mares e duas preamares ao longo do dia. De acordo com a ABNT NBR 6118:2023, a estrutura enquadra-se na classe de agressividade ambiental IV, correspondente a ambiente muito agressivo, com elevado risco de deterioração do concreto e das armaduras.

Observa-se que os tubulões localizados na faixa de variação da maré encontram-se significativamente comprometidos, apresentando desprendimento do concreto de cobrimento e armaduras com elevado nível de corrosão. De acordo com Bernardo et al. (2025), a corrosão das armaduras configura-se como um dos processos mais destrutivos para as estruturas de concreto armado.

Conforme descrito por Martins (2025), o processo de degradação se inicia a partir do interior da estrutura, ocorrendo primeiramente a perda da camada passivadora que protege as armaduras. Com isso, as armaduras ficaram expostas diretamente à ação de agentes agressivos, em virtude da ausência de barreiras de proteção. O avanço da corrosão provoca a expansão volumétrica do aço, resultando no destacamento do concreto de cobrimento, deixando a superfície que está sujeita à variação da maré ainda mais suscetível a novos danos.

As travessas mostram um quadro de manchas por infiltração e um quadro de fissuras em suas cabeceiras, devido à ausência de um dispositivo que direcione o caimento da água. A laje do tabuleiro, internamente se encontra integra, entretanto, a laje externa do passeio, devido a falha da pingadeira, é visível pontos de oxidação e manchas, devido a presença da água.

No Quadro 5, observa-se que cada manifestação patológica foi classificada utilizando o método GUT.

Quadro 5 – Matriz GUT da Ponte Gregório Bezerra

Levantamento de Danos			G	U	T	GUT	Total
Grupo	Subgrupo						
Corrosão de Armadura	Infraestrutura	Tubulão	4	4	4	64	88
	Mesoestrutura	Travessa	2	2	3	12	
	Superestrutura	Tabuleiro	2	2	3	12	
Fissuras/Trincas	Infraestrutura	Tubulão	4	4	4	64	72
	Mesoestrutura	Travessa	2	2	1	4	
	Superestrutura	Tabuleiro	2	2	1	4	
Eflorecência	Infraestrutura	Tubulão	1	1	1	1	3
	Mesoestrutura	Travessa	1	1	1	1	
	Superestrutura	Tabuleiro	1	1	1	1	
Manchas	Infraestrutura	Tubulão	1	1	1	1	11
	Mesoestrutura	Travessa	1	2	1	2	
	Superestrutura	Tabuleiro	2	2	2	8	

Fonte: os autores.

As manifestações associadas à corrosão das armaduras concentram os maiores índices de criticidade, especialmente na infraestrutura (tubulões), que alcançaram um valor de GUT igual a 64. Esse resultado está diretamente relacionado ao alto potencial de comprometimento estrutural

causado pela corrosão, que, ao provocar a perda de seção útil das armaduras, pode comprometer a estabilidade da ponte.

Na mesoestrutura (travessas) e superestrutura (tabuleiro), os valores de GUT para corrosão foram de 12, mantendo-se em patamar relevante, mas inferior ao verificado na infraestrutura, sinalizando a necessidade de monitoramento constante e intervenções preventivas.
As fissuras e trincas também apresentaram destaque nos tubulões, com GUT igual a 64, esses danos indicam processos de degradação avançados, podendo favorecer a penetração de agentes agressivos, acelerando a corrosão das armaduras.

Nos demais elementos (travessas e tabuleiro), fissuras e trincas apresentaram valores mais baixos de GUT (4), o que sugere menor urgência de intervenção, embora devam ser acompanhadas para evitar evolução do quadro.

Por outro lado, manifestações de eflorescência obtiveram valores uniformes e reduzidos (GUT=1) em todos os subgrupos analisados, caracterizando-se, neste contexto, como manifestações predominantemente estéticas, com baixa interferência na segurança estrutural. As manchas causadas por infiltração tiveram valores intermediários, destacando-se o tabuleiro com GUT=8, indicando a necessidade de monitoramento para evitar a evolução para um quadro mais severo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da Matriz GUT possibilitou identificar, de forma objetiva, os pontos mais críticos da ponte analisada, auxiliando na priorização de intervenções conforme o grau de comprometimento estrutural.

A Ponte Gregório Bezerra destacou-se o processo avançado de corrosão nas regiões de tubulões sujeitos à ação direta da maré, demandando intervenções corretivas. Na mesoestrutura e superestrutura, demandam limpeza superficial e reparo pontual.

O estudo reforça a importância do uso de metodologias simples e sistemáticas, como a Matriz GUT, para apoiar tecnicamente a tomada de decisão na gestão de manutenção de pontes, sobretudo em contextos urbanos com recursos limitados e exposição ambiental agressiva. Essa abordagem contribui diretamente para prolongar a vida útil das estruturas, garantir a segurança dos usuários e otimizar os investimentos públicos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2023.

BERNARDO, J.M.E; SILVA, A.G DA; CAMPOS, A.M; SALES, C.E.C; ROSA, D. DAS; GM, FERREIRA, L.H; OLIVEIRA, M. DE S. Patologias em estruturas de concreto armado: Diagnóstico, intervenções e estudo de caso em um edifício comercial. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, 14 (6), e5114649057, 2025.

BOZIO, A.; FISCH, B. **Degradação de pontes de concreto armado ao longo do ciclo de vida: fases, causas e estratégias de manutenção**. Revista Alconpat, 2023.

MIRANDA, B. C. DE; PEREIRA, D. M. M.; GOMES, H. T; SILVA, J. C. P. DA; MOLLINARI, J. V. R.; ANDRADE, L. B. **Investigação de falhas em estruturas de concreto armado: umidade e infiltração em vigas e pilares**. Revista Delos, 18(68), e5435, 2025.

ZHANG, Y.; SILVA, J.; PEREIRA, L.; COSTA, M. F**atores que influenciam a integridade estrutural de pontes: uma revisão dos processos de degradação silenciosos e cumulativos**. Revista Alconpat, 12(3), 45-60, 2022.