De 24/06/2026 a 27/06/2026
São Paulo
https://doi.org/10.67775/mhnaaq46

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

AVALIAÇÃO TÉCNICA DO VIADUTO DA RUA VOLUNTÁRIOS DA PÁTRIA: APLICAÇÃO DA NBR 9452 EM INSPEÇÕES DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Luciani Somensi Lorenzi[1]*, Angelica Winter Rabaioli[2]; Lucas Alexandre Reginato[2]; Alexandre Lorenzi[2]

*Autor de contato: luciani.lorenzi@ufrgs.br

[1] Departamento de Engenharia Civil (DECIV), Laboratório de Ensaios e Modelos Experimentais (LEME), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil
[2] Instituto de Desempenho da UFRGS, Laboratório de Ensaios e Modelos Experimentais (LEME), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

RESUMO

As Obras de Arte Especiais (OAEs) são ativos críticos para a mobilidade urbana e sua degradação pode acarretar riscos à segurança e impactos socioeconômicos relevantes. Este trabalho apresenta a inspeção de uma OAE em concreto armado localizada na Rua Voluntários da Pátria, em Porto Alegre/RS, motivada por ressaltos recorrentes nas juntas de dilatação e por indícios de intervenções sucessivas de recapeamento. A metodologia combinou revisão bibliográfica, levantamento documental junto à gestora da obra e inspeção in loco baseada em avaliação visual e tátil, sem recursos especiais de acesso, seguindo as diretrizes da ABNT NBR 9452:2019. Foram registradas anomalias relacionadas à drenagem deficiente (drenos quebrados e obstruídos), à umidade com eflorescências e biofilme, à fissuração e ao lascamento de concreto, à exposição e à corrosão de armaduras, à obstrução do aparelho de apoio, à deterioração localizada de viga transversina e à obstrução das juntas de dilatação. A classificação resultou em nota 3 (condição regular) no parâmetro estrutural e em nota 2 (condição ruim) nos parâmetros funcional e de durabilidade. Recomenda-se a antecipação de inspeção especial por profissional habilitado, com ensaios complementares e priorização de intervenções de curto prazo voltadas à segurança do usuário e ao controle de agentes de deterioração.
Palavras-chave: OAE; inspeção; viaduto; ABNT NBR 9452; manifestações patológicas; durabilidade.

ABSTRACT

Special Art Works (SAWs) are critical assets for urban mobility, and their deterioration may pose safety risks and significant socioeconomic impacts. This paper reports on the inspection of a reinforced-concrete viaduct on Voluntários da Pátria Street (Porto Alegre, Brazil), prompted by persistent bumps at the expansion joints and repeated asphalt overlays. The methodology combined a literature review, document collection from the managing authority, and an on-site inspection using visual and tactile assessments, without special access equipment, in accordance with the ABNT NBR 9452:2019 guidelines. The main findings include deficient drainage (broken/clogged drains), moisture-related efflorescence and biofilm, cracking and concrete spalling with exposed and corroding reinforcement, a partially obstructed bearing, localized damage in a transverse beam, and clogged expansion joints. The viaduct was rated as 3 (fair condition) for structural performance and 2 (poor condition) for functional and durability performance. An early special inspection by qualified professionals is recommended, including complementary testing and short-term interventions focused on user safety and on controlling deterioration agents.
Keywords: SAW/OAE; inspection; viaduct; NBR 9452; pathological manifestations; durability.

1. INTRODUÇÃO

As Obras de Arte Especiais (OAEs) — como pontes, viadutos, passarelas e túneis — constituem infraestruturas críticas para a mobilidade urbana e logística, viabilizando o deslocamento de pessoas e cargas e, por extensão, o acesso a atividades econômicas e sociais. Em razão do alto custo de implantação e da relevância estratégica, a degradação ou interdição dessas estruturas pode gerar impactos significativos na segurança dos usuários e no desempenho do sistema viário.

No contexto da gestão pública, iniciativas institucionais têm evidenciado fragilidades no gerenciamento de manutenção de OAEs em municípios. Um projeto conduzido em parceria entre o Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul (TCE-RS) e o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (Crea-RS) apontou que a maioria dos municípios avaliados não dispõe de cadastro atualizado, de planos formais de manutenção, de vistorias rotineiras e de responsável técnico designado, além de apresentar baixa contratação de serviços de manutenção nos últimos anos, ainda que parte declare previsão orçamentária para a área. Esses achados reforçam a ideia de que a ausência de diagnóstico sistematizado do estado de conservação tende a comprometer a alocação eficiente de recursos, reduzir a vida útil e elevar os custos de recuperação, aumentando também o risco de falhas estruturais.

A literatura clássica sobre gestão da durabilidade reforça o caráter econômico da manutenção preventiva. Sitter (1983) descreve uma evolução exponencial dos custos ao longo do tempo, indicando que intervenções corretivas tardias podem multiplicar significativamente os dispêndios quando comparadas a ações preventivas incorporadas desde o projeto e mantidas por rotinas de inspeção e conservação. Assim, as inspeções normatizadas desempenham papel central ao fornecer subsídios técnicos para o planejamento e a priorização de intervenções, mantendo a estrutura em patamares aceitáveis da curva de deterioração e favorecendo o alcance da vida útil do projeto.

Em áreas urbanas, falhas em elementos funcionais, como juntas de dilatação, pavimentação, sinalização e drenagem, podem induzir solicitações dinâmicas adicionais no tabuleiro e nos aparelhos de apoio, além de reduzir o conforto e a segurança do usuário. A literatura técnica e os manuais de inspeção destacam que ressaltos, depressões e desníveis associados a recapeamentos sucessivos podem intensificar os impactos e as vibrações na superestrutura (DNIT, 2004).

O presente estudo concentra-se no viaduto localizado na Rua Voluntários da Pátria (Porto Alegre/RS), selecionado em função de dois aspectos principais: (i) a ocorrência de ressaltos persistentes nos encontros do viaduto, que induzem redução da velocidade e desconforto operacional; e (ii) a geometria característica do tabuleiro, com perfil convexo. Observações de campo indicam que, ao longo dos anos, a principal intervenção realizada para mitigar o ressalto tem sido a sobreposição sucessiva de camadas de pavimentação asfáltica. Tal estratégia pode não representar uma solução tecnicamente adequada, podendo, inclusive, mascarar anomalias subjacentes ao desempenho funcional e/ou estrutural da obra.

Neste contexto, o presente estudo concentra-se no Viaduto da Rua Voluntários da Pátria, em Porto Alegre/RS, cuja motivação principal foi a presença de ressaltos persistentes nas regiões de juntas de dilatação e de indícios de intervenções de recapeamento asfáltico. O objetivo é inspecionar a estrutura quanto aos parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade, registrando e analisando as anomalias conforme a ABNT NBR 9452:2019, de modo a subsidiar recomendações de manutenção e de aprofundamento investigativo.

Figura 1. Vista lateral leste do viaduto.



Contudo, a inspeção é limitada quanto ao emprego de equipamentos e recursos especiais de acesso, bem como quanto à obtenção de autorizações operacionais específicas, em razão de restrições financeiras e operacionais. Em consequência, definiu-se a realização de inspeção cadastral (em vez de rotineira), após levantamento documental junto à gestora e a constatação da inexistência de registros prévios de inspeções compatíveis com a NBR 9452.

Figura 2. Vista geral do entorno imediato do Viaduto.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Evolução e caracterização das obras de arte especiais

Registros históricos indicam o uso de madeira e cordas em pontes primitivas, seguido da consolidação de estruturas em pedra em civilizações antigas. A partir do fim do século XVIII, o ferro fundido passou a ser empregado em sistemas em arco e, no século XX, o concreto tornou-se

o material predominante, inicialmente em arcos e, posteriormente, em soluções em vigas e pórticos e, mais adiante, em concreto protendido, cujo desenvolvimento se intensificou após a Segunda Guerra Mundial.

Em termos estruturais, as OAEs organizam-se, de modo geral, em superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. A superestrutura compreende elementos responsáveis por receber ações permanentes e variáveis e transmiti-las aos apoios (por exemplo, lajes e vigas principais). A mesoestrutura corresponde aos elementos intermediários de transferência de cargas (pilares, vigas-travessa e aparelhos de apoio). A infraestrutura abrange os componentes de fundação que transferem os esforços ao solo (estacas, blocos e sapatas). Além disso, os elementos podem ser classificados conforme sua criticidade: principais (danos podem levar a colapso parcial/total), secundários (ruptura localizada em parte do vão) e complementares (impacto predominantemente funcional/durabilidade, como drenagem, transição, juntas e sinalização).

A durabilidade de OAEs depende do entendimento da vida útil do projeto e das rotinas de manutenção. A ABNT NBR 6118 define a vida útil de projeto como o período no qual as características da estrutura não se alteram de forma relevante (sem intervenções significativas), desde que sejam atendidos os requisitos de uso, manutenção e reparos necessários por danos acidentais. A norma reforça que a estrutura deve conservar segurança, estabilidade e aptidão em serviço ao longo da vida útil, observando que diferentes subsistemas podem apresentar vidas úteis distintas (por exemplo, juntas e aparelhos de apoio).

2.2 Influência do ambiente e classes de agressividade

Além das ações permanentes e variáveis, o projeto e a manutenção de OAEs demandam a consideração de dados de implantação (situação, gabaritos, condições de fundação) e de condicionantes ambientais (cheias e secas, clima local). A literatura enfatiza que parâmetros de exposição e microclima podem ser tão relevantes quanto as propriedades intrínsecas do concreto (porosidade, resistência, relação a/c e tipo de cimento), de modo que o diagnóstico adequado do ambiente é etapa essencial para a concepção e o gerenciamento.

A ABNT NBR 6118 relaciona a agressividade ambiental às ações físicas e químicas que atuam sobre o concreto, independentemente das ações mecânicas e das variações volumétricas consideradas no dimensionamento. Assim, torna-se crucial classificar corretamente o ambiente de exposição. Em síntese, a norma apresenta classes de agressividade ambiental: i (fraca), associada a ambientes rurais/submersos e risco insignificante; ii (moderada), típica de ambientes urbanos (risco pequeno); iii (forte), relacionada a ambientes marinhos/industriais (risco grande); e iv (muito forte), associada a ambientes industriais severos e respingos de maré (risco elevado), com observações sobre microclimas e possibilidades de classe mais branda em condições específicas. Essa classificação é determinante para orientar os requisitos de projeto, a proteção e as estratégias de inspeção e de manutenção.

2.3 Manifestações patológicas recorrentes em OAEs

A análise de Manifestações Patológicas (MP) pode ser organizada por etapas do ciclo de vida. Helene (1992) propõe agrupar as causas em: planejamento, projeto, materiais, execução e uso, destacando que as falhas nas fases iniciais (planejamento/projeto) tendem a ser mais críticas. Souza e Ripper (1998) complementam, afirmando que MP frequentemente decorrem de predisposições estabelecidas ao longo do ciclo de vida, associadas a falhas de projeto, de execução e de materiais

e, de modo recorrente, à falta de manutenção, sendo difícil generalizar percentuais devido à variação de contextos e de bases de dados.

No caso de OAEs, a ABNT NBR 9452 lista anomalias usuais como defeitos construtivos (por exemplo, falhas de concretagem e cobrimento), danos por impacto, deslocamentos, deformações excessivas, fissuras, exposição de armaduras, esmagamentos e deterioração por agentes agressivos, entre outras. Entre as manifestações, a fissuração é central por seu papel tanto como sintoma quanto como via de entrada de agentes agressivos. Dal Molin (1988) distingue fissuras em concreto fresco (assentamento plástico, dessecação superficial e movimentação de formas) e em concreto endurecido (retração por secagem, movimentação térmica, corrosão de armaduras, reações expansivas, sobrecargas, detalhes construtivos e fundações). Em paralelo, mecanismos como a carbonatação reduzem a alcalinidade da pasta de cimento e podem despassivar a armadura, acelerando a corrosão, enquanto a ação dos cloretos também pode romper a camada passivadora (Neville, 1997). Eventos como fogo podem reduzir propriedades mecânicas e induzir spalling, e falhas de execução (segregação, vazios) e processos físico-químicos (lixiviação/eflorescência) comprometem o desempenho e a durabilidade (Mehta e Monteiro, 2014).

Aspectos funcionais do sistema viário também são relevantes para o desempenho global. O DNIT ressalta que defeitos na pista e nas transições (ressaltos, depressões e desníveis em juntas) podem amplificar os efeitos dinâmicos (impactos), aumentar as solicitações e, quando combinados com problemas em aparelhos de apoio, contribuir para deslocamentos indesejados do tabuleiro. Recapeamentos sem orientação técnica podem ainda ocultar elementos importantes (como juntas) e elevar o peso próprio da estrutura. Para as juntas de dilatação, a ABNT NBR 9452 destaca anomalias típicas, como ausência de vedação, falta de estanqueidade, saliência ou depressão com desconforto ou impacto, deterioração dos componentes e acúmulo de detritos, entre outras. Esses mecanismos justificam a necessidade de inspeções periódicas e de registro sistemático das condições observadas.

2.4 OAEs, gestão de manutenção e critérios de inspeção

A ABNT NBR 9452:2019 estabelece diretrizes para a inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto e organiza a gestão da manutenção com base em inspeções periódicas e critérios de classificação. A norma define quatro tipos de inspeção: cadastral, rotineira, especial e extraordinária. A inspeção rotineira possui caráter anual e visa acompanhar a evolução das anomalias; a inspeção especial, tipicamente a cada cinco anos (podendo ser estendida, conforme as condições), requer avaliação pormenorizada e o mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias para diagnóstico e prognóstico da estrutura (ABNT, 2019). A literatura também discute o uso de metodologias de inspeção como instrumento para priorização de intervenções em OAEs, reforçando a necessidade de critérios consistentes e rastreáveis (VERLY, 2015).

2.4.1 Elementos funcionais: juntas, pavimento e efeitos dinâmicos

Complementarmente, documentos do DNIT descrevem defeitos e requisitos de avaliação de OAEs, incluindo a atenção a efeitos dinâmicos decorrentes de defeitos no pavimento e de condições inadequadas dos aparelhos de apoio (DNIT, 2004a). As juntas de dilatação constituem pontos críticos, pois sua obstrução, ausência de perfis de vedação, deterioração dos berços e ocorrência de saliências ou depressões tendem a favorecer infiltrações, concentração de agentes agressivos e desconforto ao usuário (ABNT, 2019).

2.4.2 Durabilidade em OAEs de concreto: umidade, fissuração e corrosão

As manifestações patológicas mais recorrentes em OAEs de concreto incluem fissuração, destacamentos e perdas de cobrimento, eflorescências e biofilmes associados à umidade, além da corrosão de armaduras em decorrência da carbonatação e/ou da presença de agentes agressivos. A drenagem deficiente, caracterizada por drenos entupidos, rompidos ou mal posicionados, contribui para manter a estrutura em condições favoráveis à penetração de água e à aceleração dos mecanismos de deterioração (ABNT, 2019). A compreensão desses mecanismos é fundamental para orientar terapias de manutenção e reparo, bem como para priorizar intervenções com base no risco e no desempenho (HELENE, 1986; HELENE, 1992; SOUZA; RIPPER, 1998).

2.4.3 Carbonatação e modelos de evolução da corrosão

A carbonatação é um dos mecanismos de deterioração mais relevantes em estruturas de concreto em ambiente urbano, pois reduz o pH da matriz cimentícia e pode levar à despassivação do aço. Modelos de iniciação e propagação da corrosão, como os apresentados por Tuutti, permitem compreender a evolução temporal do processo e apoiar decisões de manutenção (TUUTTI, 1982). Para estruturas expostas em ambiente urbano, a previsão de vida útil associada à frente de carbonatação pode ser tratada por meio de abordagens probabilísticas e determinísticas, com parâmetros influenciados pela umidade, pela porosidade e pelas condições de cura (POSSAN, 2010).

Em OAEs, a presença de umidade recorrente decorrente de falhas de drenagem, juntamente com a falta de estanqueidade e os empoçamentos, constitui um fator acelerador da corrosão e da degradação do cobrimento. Por isso, as inspeções devem buscar sinais indiretos, como eflorescências, manchas, biofilmes, fissuração mapeada e destacamentos, bem como registrar a relação entre as anomalias e as trajetórias preferenciais de escoamento.

2.4.5 Biodeterioração e efeitos associados à umidade persistente

A biodeterioração do concreto, embora por vezes negligenciada em avaliações rotineiras, pode se manifestar por meio de biofilmes e de colonização de superfícies em ambientes com umidade persistente e aporte de nutrientes. Estudos experimentais indicam que microrganismos podem contribuir para a alteração local do meio e, em condições específicas, para processos de degradação associados a produtos metabólicos (SHIRAKAWA, 1994). Assim, a identificação de biofilme, em conjunto com a umidade e os depósitos de detritos, reforça a necessidade de intervenção prioritária na drenagem e na limpeza.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia combinou: (i) revisão bibliográfica das manifestações patológicas típicas em OAEs de concreto, conforme categorias do Anexo A da ABNT NBR 9452:2019; (ii) levantamento documental junto à gestora da obra, incluindo plantas estruturais executivas e registros de inspeções anteriores; e (iii) inspeção in loco baseada em avaliação visual e tátil, sem uso de equipamentos ou recursos especiais de acesso, com registros fotográficos e preenchimento de ficha de inspeção em formato semelhante ao modelo normativo (ABNT, 2019).

O conjunto documental disponibilizado incluiu as plantas estruturais do projeto do viaduto (GEIPOT, 1978) e um laudo técnico elaborado em março de 2023. Embora este laudo tenha cadastrado anomalias por inspeção visual, observou-se ausência de atribuição de notas e limitações quanto à objetividade e à aderência ao procedimento normativo (DW ENGENHARIA, 2023).

A inspeção de campo foi realizada em 19/08/2023, com a sequência de levantamento geométrico do tabuleiro e dos elementos de apoio, seguida do exame de anomalias no tabuleiro, nos encontros e nos pilares, e finalizada com a avaliação do pavimento e dos elementos funcionais. Parte das regiões inferiores dos encontros não pôde ser examinada devido a restrições de acesso e à ocupação irregular do entorno imediato.

A classificação da OAE seguiu os parâmetros de desempenho estrutural, funcional e de durabilidade previstos na ABNT NBR 9452:2019. As notas são atribuídas em uma escala discreta, na qual valores inferiores representam condições piores e exigem intervenções mais imediatas. A nota final por parâmetro considera a condição observada e a criticidade das anomalias, orientando a priorização de ações de manutenção e a necessidade de inspeções especiais.

4. RESULTADOS

O viaduto integra o conjunto de obras de implantação do sistema metroviário da Trensurb, inaugurado em 02 de março de 1985 (TRENSURB, 2023). A estrutura recebe tráfego rodoviário e é composta por duas pistas, nos sentidos bairro-centro e centro-bairro. Segundo as plantas executivas, a superestrutura é de concreto armado moldado no local, com tipologia longitudinal contínua e seção transversal com duas vigas (GEIPOT, 1978).

Na mesoestrutura, cada pista conta com 11 pilares (6 sob a viga externa e 5 sob a viga interna) e 13 vãos. Os pilares possuem diâmetro de 0,90 m e alturas variáveis; o vão típico (e o maior vão) é de 18,25 m. Foram identificados aparelhos de apoio de neoprene. A partir de observações em campo, verificou-se ainda a presença de duas vigas transversais em aço em uma das pistas, elementos não detalhados nas plantas consultadas, o que indica provável intervenção posterior e demanda investigação específica. A Tabela 1 ilustra as principais características da OEA estudada.

Tabela 1. Síntese das características principais da OAE, com base na inspeção e nos documentos.

Item	Descrição
Ano de construção	Entre 1980 e 1985 (estimativa conforme registros).
Configuração	Duas pistas paralelas; tabuleiro convexo em perfil.
Vãos e apoios	13 vãos por pista; 11 pilares por pista; vãos típicos, com diâmetro superior a 18,25 m; pilares com diâmetro de 0,90 m e alturas variáveis.
Aparelhos de apoio	Neoprene: obstrução/bloqueio observada no pilar 02 (pista direita) e na região do encontro 01 (pista esquerda).
Juntas de dilatação	2 por pista, abertas; obstruídas por detritos e por recapeamento asfáltico.
Passeio e guarda-corpo	Passeio existente; largura livre medida de 1,605 m; guarda-corpo com trechos danificados e altura de aproximadamente 0,90 m.
Exposição	Classe de agressividade ambiental III (forte), ambiente industrial (ABNT NBR 6118:2023).

O entorno foi enquadrado na classe de agressividade ambiental III (agressividade forte, ambiente industrial), conforme os critérios da ABNT NBR 6118:2023, o que reforça a necessidade de controle rigoroso da umidade e de agentes agressivos para a preservação da durabilidade.

4.1 Principais anomalias observadas

Na superestrutura, observou-se a deposição de fuligem na face inferior da laje e das vigas, em trechos próximos ao encontro 01, associada a ocorrências de queima/incêndio sob o viaduto. Em regiões de drenos, muitos deles quebrados e entupidos, registraram-se manchas de umidade, eflorescências e, localmente, biofilme, acompanhadas de lascamento, desagregação e perda de cobrimento, com oxidação das armaduras. Também foram observadas fissuras e deterioração em regiões de fixação do guarda-corpo, com exposição do aço.

Destaca-se a viga transversina localizada no encontro 01 da pista esquerda, com fissuras inclinadas próximas a 45°, lascamento avançado e exposição de armaduras longitudinais e estribos, o que configura condição compatível com solicitação anômala e exige avaliação detalhada por meio de ensaios para constatações seguras quanto à resistência e à integridade do elemento.

4.2 Anomalias em encontros, taludes e aparelhos de apoio

Nos encontros, verificaram-se problemas relevantes na interface entre o tabuleiro e os acessos. No encontro 01 da pista esquerda, foi observado um rompimento localizado, com acúmulo de detritos e de vegetação. No encontro 01 da pista direita, foram identificadas fissuras no concreto. Em ambos, registrou-se desnível entre o aterro de acesso e o encontro, associado a indícios de assentamento e fissuras no talude, o que pode contribuir para o impacto dinâmico na transição e para solicitação adicional em juntas e aparelhos de apoio. A região do encontro 02, em ambas as pistas, não pôde ser adequadamente avaliada devido a restrições de acesso, incluindo a ocupação irregular do entorno. Essa limitação reforça a necessidade de uma inspeção especial com acesso completo e condições de segurança apropriadas.

A observação de fissuras no talude e de possível assentamento de aterro sugere a necessidade de acompanhamento e, se confirmada a atividade, de intervenção geotécnica local. Como medida inicial, recomenda-se monitorar a abertura de fissuras e recalques e, caso as manifestações sejam passivas, recompor o nível dos acessos de forma compatível com o desempenho funcional do viaduto.

4.3 Elementos funcionais e condições de uso

Quanto aos elementos funcionais, verificou-se obstrução das juntas de dilatação por detritos e recobrimento com concreto asfáltico, com saliências que provocam desconforto ao usuário e impactam a passagem de veículos. Não foi possível identificar perfis de vedação ou a abertura efetiva das juntas. O pavimento apresentou trincas transversais de espaçamento semelhante ao das vigas transversais, trincas longitudinais, remendos com saliências e depressões, e ocorrência de panela em junta de dilatação.

Durante a inspeção, foi percebida vibração excessiva do tabuleiro com a passagem de veículo de carga pesada (caminhão-trator trucado com semirreboque, classe 3S3) na região próxima ao pilar 06 da pista direita, o que sugere a necessidade de investigação específica do comportamento dinâmico e das condições de apoio. A sinalização horizontal e vertical foi considerada deficiente, sem indicação da classe de capacidade de carga, o que eleva o risco operacional e justifica a atribuição de nota baixa no parâmetro funcional.

4.4 Acessibilidade, proteção e elementos não previstos em projeto

O passeio não atende integralmente aos requisitos de acessibilidade da ABNT NBR 9050:2020, em função de degraus nos acessos e de guarda-corpo com altura observada de aproximadamente 0,90 m, além de trechos com integridade comprometida e vegetação que dificulta a passagem. Foram identificadas ainda chapas de aço fixadas entre as duas pistas, em estado avançado de corrosão e com acúmulo de vegetação, além de uma abertura na grade de proteção sobre a faixa de domínio ferroviário.

4.5 Classificação, priorização e implicações para gestão

A síntese das anomalias observadas e das recomendações terapêuticas foi organizada em categorias de elementos estruturais e funcionais. As recomendações concentram-se em: limpeza geral e desobstrução; recuperação de drenos com prolongamentos/desvios para evitar o lançamento de água sobre elementos estruturais; tratamento de fissuras; recomposição do cobrimento e tratamento das armaduras; recuperação de juntas de dilatação; avaliação e desobstrução de aparelhos de apoio; e investigação detalhada de elementos críticos (viga transversina e encontro 01).

A classificação final resultou em nota 3 (condição regular) para o parâmetro estrutural, indicando anomalias moderadas que não afetam a estabilidade de imediato, mas que requerem ações de manutenção significativas no médio prazo. Para o parâmetro funcional, atribuiu-se nota 2 (condição ruim), em função de deficiências de sinalização e de desconforto associado a juntas e ao pavimento, o que exige intervenções de curto prazo. A Tabela 2 apresenta uma síntese das anomalias e das recuperações terapêuticas.

Tabela 2. Síntese das anomalias e das recomendações terapêuticas.

Categoria	Evidência observada	Recomendação terapêutica
Drenagem	Drenos quebrados e entupidos; manchas de umidade e empoçamentos próximos às juntas.	Limpeza geral e desobstrução; reposição de drenos com prolongamentos ou desvios, a fim de evitar o lançamento de água sobre a estrutura.
Superestrutura	Fuligem na face inferior; eflorescências e biofilme; lascamento/desagregação e exposição de armaduras por corrosão.	Limpeza de superfícies; investigação da carbonatação e do estado de passivação; tratamento de armaduras e recomposição do cobrimento; proteção superficial conforme o diagnóstico.
Viga transversina (Encontro 01, pista esquerda)	Fissuras inclinadas próximas a 45°, lascamento avançado e armaduras expostas.	Inspeção especial antecipada e investigação por meio de ensaios; avaliação da resistência e da integridade por profissional habilitado; reparo/reforço conforme o diagnóstico.
Aparelhos de apoio	Bloqueio e distorção de neoprene no pilar 02 (pista direita) e obstruções pontuais de detritos.	Desobstrução e reavaliação funcional; inspeção detalhada para verificação de deslocamentos e de condições de apoio.

Juntas de dilatação	Obstrução por detritos e cobertura por recapeamento; saliências e depressões gerando desconforto e impacto.	Limpeza e recuperação das juntas; verificação e instalação de perfis de vedação; recomposição dos berços; correção geométrica do pavimento na transição.
Pavimento	Trincas transversais e longitudinais; remendos com saliências/depressões; panela em junta; vibração percebida com carga pesada.	Investigação do comportamento do tabuleiro e dos apoios; recuperação do pavimento, com correção de irregularidades e restauração da drenagem local.
Acessibilidade e proteção	Degraus nos acessos; guarda-corpo danificado e altura reduzida; vegetação no passeio.	Projeto de acessibilidade, contemplando rota acessível (ABNT NBR 9050:2020); recuperação e adequação do guarda-corpo; poda e remoção de vegetação.
Elementos adicionais	Chapas de aço entre as pistas, com corrosão e vegetação; abertura na grade de proteção.	Remoção/substituição por solução compatível; tratamento anticorrosivo e revisão das fixações; fechamento das aberturas de proteção.
Sinalização e operação	Sinalização horizontal e vertical deficiente; ausência de indicação de capacidade de carga.	Estudo da classe de capacidade de carga; implantação e recuperação da sinalização e, se necessário, das restrições operacionais.

A Tabela 3 elenca a classificação obtida, de acordo com a ABNT NBR 9452:2019, para os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade. Para o parâmetro de durabilidade, também se atribuiu nota 2 (condição ruim), dada a presença abundante de umidade, eflorescências, biofilme, fissuração considerada inaceitável e sinais de corrosão da armadura, o que compromete a vida útil e demanda ações de manutenção relevantes em curto prazo. As recomendações da ficha cadastral elaborada incluem, além das terapias pontuais, a necessidade de estudo do trem-tipo e de definição da classe de capacidade de carga, a fim de embasar a sinalização e eventuais restrições operacionais. Em viadutos urbanos com tráfego pesado, o alinhamento entre capacidade, condições de apoio e irregularidades de pista é determinante para reduzir vibrações e prolongar a vida útil.

Tabela 3. Classificação obtida conforme ABNT NBR 9452:2019.

Parâmetro	Nota	Condição	Principais motivadores (síntese)
Estrutural	3	Regular	Deterioração localizada (viga transversal e regiões de encontro), fissuração e perdas de cobrimento, sem evidência de instabilidade imediata.
Funcional	2	Ruim	Juntas e pavimento com ressaltos e defeitos; sinalização deficiente; desconforto e impacto sobre o usuário.
Durabilidade	2	Ruim	Umidade persistente; drenos obstruídos ou quebrados; eflorescências, biofilme; corrosão e exposição de armaduras em pontos.

5. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a inspeção visual e tátil, estruturada conforme a ABNT NBR 9452:2019, é capaz de identificar anomalias relevantes e subsidiar uma classificação preliminar de desempenho em OAEs urbanas, mesmo com restrições de acesso. No viaduto analisado, a drenagem deficiente e as intervenções sucessivas no pavimento e nas juntas de dilatação configuram fatores-chave para a degradação funcional e para a aceleração dos mecanismos de deterioração.

A presença de fissuração significativa, perda de cobrimento e corrosão em regiões associadas à umidade, bem como a deterioração localizada de viga transversina e de elementos de encontro, justifica a recomendação de antecipação de inspeção especial, com equipe habilitada, acesso completo às regiões inferiores e execução de ensaios complementares voltados a diagnosticar carbonatação, estado de passivação das armaduras, integridade de aparelhos de apoio e comportamento dinâmico do tabuleiro.

Entre as ações imediatas, priorizam-se a recomposição do sistema de drenagem, a limpeza e a recuperação das juntas de dilatação, a qualificação da sinalização e a eliminação de condições que favoreçam a permanência de água e de agentes agressivos sobre a estrutura. Em paralelo, recomenda-se o planejamento de intervenções de reparo local e de proteção superficial, com base em um diagnóstico aprofundado, para restabelecer a vida útil e reduzir os riscos aos usuários.

A metodologia aplicada mostrou-se eficaz para diagnosticar anomalias significativas na estrutura inspecionada. Recomenda-se a realização de inspeção especial por equipe especializada, além da implementação de um plano contínuo de manutenção preventiva. A replicabilidade do estudo pode ser útil para outras gestoras públicas no planejamento de conservação de OAEs.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452: **Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). IPR 709: **Manual de inspeção de pontes rodoviárias**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.

DAL MOLIN, D. C. C. **Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul**. 1988. 238 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988.

DW ENGENHARIA. **Laudo Técnico: Viaduto Voluntários da Pátria**. Porto Alegre: Trensurb - Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre, 2023. 21 p. Disponível em: <https://portaldatransparencia.gov.br/>. Acesso em: 06 agosto 2023

GEIPOT. **Projeto de Obra de Arte Especial: Viaduto da Rua Voluntários da Pátria**. Porto Alegre, 1978. Plantas estruturais. Disponível em: <https://portaldatransparencia.gov.br/>. Acesso em: 06 de agosto de 2023.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras de concreto armado**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1986.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

NEVILLE, A. M. **Propiedades del concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SHIRAKAWA, M. A. **Estudo da biodeterioração do concreto por Thiobacillus**. (1994). Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SITTER, K. **Costs of Preventive and Corrective Maintenance**. 1983.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

TRENSURB. **História**. 2023. Disponível em: <https://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_detalhe.php?codigo_sitemap=48>. Acesso em: 09 de agosto de 2023.

TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. Stockholm: Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1982.

VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2015.