



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

Análise crítica dos métodos de inspeção da ABNT NBR 9452:2019 **Luiz F. Simões¹, Pablo F. Rodrigues² e Dra. Débora C. C. Pinheiro³.**

¹PUC Minas / luiz.fsimoes@live.com

²PUC Minas / pfr.academico@gmail.com

³PUC Minas / Diretoria de Educação Continuada IEC-PUC Minas / deboracordeiropinheiro@gmail.com

Resumo

A gestão de pontes fundamenta-se nas informações coletadas por meio de inspeções, sendo tais dados as ferramentas centrais com as quais os responsáveis pelo gerenciamento realizam a tomada de decisão. Dessa maneira, é essencial que as informações sejam uniformes, precisas e representativas da real condição das pontes inspecionadas. A boa prática para tal é o estabelecimento de metodologia normatizada que defina os procedimentos de inspeção. A ABNT NBR 9452: “Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento” é a norma de abrangência nacional, tendo sua primeira publicação em 1986 e, em 2019, sua quarta edição. As revisões da norma buscaram atualizar a metodologia para aproximar o procedimento do que é praticado pelas referências internacionais. O presente artigo propõe uma análise crítica da metodologia de inspeção da NBR 9452, de maneira a averiguar sua efetividade em auxiliar na administração. A análise avalia os procedimentos assim como descritos nos roteiros da norma, ou seja, analisa aspectos que podem ser identificados pelos agentes que a utilizem para realizar inspeções de pontes. A norma foi examinada quanto à objetividade dos critérios definidos pela metodologia, a eficácia das referências de classificação apresentadas, a representatividade das notas da escala estabelecida e a aplicabilidade dos resultados das inspeções para a gestão de pontes. Foram identificadas carências nos procedimentos da NBR 9452 em relação: ao elevado grau de subjetividade da metodologia para inspeções rotineiras; a limitação da abrangência e do detalhamento das referências para inspeções especiais; a existência de indicações ambíguas e conflitantes com os critérios de classificação estabelecidos e a ausência de grandeza que expresse o impacto da totalidade das anomalias identificadas no estado de condição da ponte. Por conseguinte, os argumentos apontados demonstram a necessidade da implementação de melhorias à metodologia proposta pela norma.

Palavras-chave

Inspeção de pontes; ABNT NBR 9452:2019; gestão de pontes; obras de arte especiais; patologia das estruturas, índice de condição.

Introdução

A essencialidade das inspeções no contexto da gestão de pontes pressupõe que estas práticas sejam executadas de modo satisfatoriamente eficaz, dado que todas as medidas de gerenciamento têm por base as informações colhidas nestas vistorias. Os instrumentos fundamentais para garantir a efetividade das práticas de inspeção são documentos normativos que estabeleçam metodologias padronizadas, fornecendo diretrizes para que os procedimentos resultem em dados uniformes e confiáveis. A principal referência em inspeções de pontes estabelecida no Brasil é NBR 9452 (ABNT, 2019) - “Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento”. A norma possui como escopo a especificação das exigências para a realização de inspeções que objetivem avaliar o estado de conservação de Obras de Arte Especiais (OAE) de concreto. O documento estabelece os conceitos pertinentes às inspeções, orienta quanto aos processos de coleta e registro de dados e define os critérios de classificação, provendo assim instrução aos inspetores e gestores que a utilizem.



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

A NBR 9452 se encontra em sua quarta revisão, elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Inspeções de Estruturas de Concreto (CEE-169) e publicada pela ABNT em 2019. A primeira versão da norma data de 1986, tendo sido revisada em 2012 e em 2016. A publicação original proveu a base normativa para dois outros documentos nacionais: a norma DNIT 010:2004 - “Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento”, utilizada para obras em vias federais, e a resolução da ARTESP ET-C21:2007 - “Controle das condições estruturais, funcionais e de durabilidade das Obras de Arte Especiais”, empregada para pontes em concessão no Estado de São Paulo. Ambos os documentos acrescentaram aos procedimentos elementares da primeira revisão da NBR 9452, o que levou ao maior emprego destes em detrimento da outra neste íterim (CRUZ et al., 2017). As três últimas revisões sucessivas objetivaram atualizar a norma em razão da defasagem de seus procedimentos em comparação às bibliografias contemporâneas, tendo sido a versão de 2016 a incluir as alterações mais significativas. Esta revisão acrescentou e aprimorou conceitos introduzidos nas normas do DNIT e ARTESP, tornando-se a norma de aplicação mais abrangente em território nacional (SANTOS, 2016).

As informações obtidas com as inspeções de pontes são determinantes para a gestão do parque de obras (TENŽERA, PUŽ e RADIĆ, 2012), uma vez que configuram junto com os pareceres dos engenheiros envolvidos os dados disponíveis para a tomada de decisão relacionada a otimização dos escassos recursos (OLIVEIRA, GRECO e BITTENCOURT, 2019). Os resultados de inspeções descrevem o estado de conservação das estruturas, subsidiando desta forma a programação de atividades de Manutenção, Reparo e Reforço (MR&R). Estas informações são inseridas em um banco de dados referente ao estoque de pontes, comumente integrado à um Sistema de Gestão de Pontes, conforme Oliveira (2019). Tal estrutura evidencia como a inspeção, objeto de estudo do presente artigo, é o elemento basilar da gestão de pontes. As seções seguintes apresentam considerações precedentes produzidas acerca da NBR 9452, atributos relevantes de metodologias de inspeção de referência e os procedimentos definidos pela norma. Por fim, desenvolve-se uma análise crítica da efetividade destes procedimentos tais quais estabelecidos pela NBR 9452 à luz dos aspectos apresentados.

Discussões relevantes

A gestão de pontes no Brasil é segregada nos três níveis governamentais, acrescidos ainda do setor privado (MENDES, 2009). Os métodos de administração nacionais são implantados com pouca celeridade e integração entre as entidades envolvidas, como afirma Oliveira (2019), e com insuficiente volume de dados, como observado em Santos (2016). Tal cenário é reconhecido nas percepções empíricas de Vitória (2006), que indicam como a gestão da manutenção de pontes ainda não possuía efetiva implantação no Brasil ao período de seu estudo.

Conforme demonstrado em Verly et al. (2020), apesar da preponderância do modal rodoviário no sistema logístico brasileiro, os investimentos em manutenção da infraestrutura desta categoria de transporte, destacando-se as pontes, é documentadamente insuficiente. Ainda, em Verly et al. (2020), é concluído que tal fato reduz a competitividade do Brasil, ao aumentar: os custos de intervenções tardias nas estruturas, as perdas em manutenção de veículos e a quantidade e fatalidade de acidentes de trânsito. Conjuntura que suscita percepções empíricas como as vistas em Vitória (2006) e Motta et al. (2019), ou mesmo resultante de levantamentos periódicos sistematizados (CNT, 2019), de que o parque de obras está em avançado processo de deterioração.

Sob outra perspectiva, a bibliografia disponível sobre a análise do método de inspeção de maior abrangência normativa em território brasileiro indica uma tendência em avaliá-la apenas através de sua aplicação prática em estudos de caso, com poucas comparações às boas práticas internacionais ou análise criteriosa do documento em si, método em que se incluem as publicações de Sandes (2020), Motta et al. (2019) e Rocha e



Oliveira (2017). Partindo desta metodologia de estudo da norma, tais trabalhos concluem pela superioridade da revisão de 2016 da NBR 9452 em comparação às versões anteriores e demais normas nacionais.

Ao realizar a inspeção de uma ponte utilizando a primeira e a terceira revisão da norma - de 1986 e 2016, respectivamente - Rocha e Oliveira (2017) afirmam, com base na experiência empírica, que o procedimento se tornou mais intuitivo e soluciona problemas de objetividade e assertividade. Com metodologia de estudo semelhante, Motta et al. (2019) concluem que as novas orientações tornam o documento mais abrangente e realista. Cruz et al. (2017), por sua vez, limitam a análise à comparação da quantidade de itens contidos nas normas brasileiras, enumerando dados como o quantitativo de informações a serem registradas ou elementos de pontes listados. A partir desta análise, concluem pela eficácia da nova revisão da norma, porém reconhecem a necessidade de estudos que façam tal avaliação à luz de boas práticas de referência. Após apresentar breve descrição de alguns aspectos do documento normativo, Araujo (2017) afirma que a nova metodologia possibilita a padronização das práticas e das avaliações, além de considerar os roteiros e fichas de inspeção bem elaborados e detalhados. Além disso, Araujo (2017) e Cruz et al. (2017) convergem ao qualificarem a inclusão de fluxograma da gestão de pontes como importante para orientar os usuários do procedimento.

Em contrapartida, Oliveira et al. (2019) verificam insuficiência da NBR 9452:2016 quanto à objetividade das avaliações. Segundo os autores, os dados analisados indicam uma tendência da avaliação das pontes com notas médias, reduzindo o comprometimento dos inspetores quanto ao diagnóstico realizado, porém afetando a possibilidade de identificação do histórico e tendências do estado das pontes. Conforme argumenta Almeida (2013) a subjetividade é inerente as atividades de avaliação das condições das pontes, sendo consequência do tipo de inspeção, do método adotado e do exercício por inspetores de suas funções. Quanto à metodologia de classificação, Giovannetti (2020) indica possível limitação administrativa advinda da reduzida escala de notas utilizada. Oliveira et al. (2019) também salientam que, dado que o processo de deterioração evolui segundo diferentes taxas para os distintos elementos das pontes, a avaliação simplificada da estrutura como um todo pode não ser suficiente para a indicação da real condição da ponte por métodos de predição. Tais observações sinalizam prováveis falhas e lacunas na metodologia da norma passíveis de escrutínio e propostas de melhoria.

Boas práticas de referência

Metodologias de inspeção de pontes devem ser desenvolvidas em acordo com as necessidades locais, conforme demonstra Hellmerich (2008), uma vez que se relacionam com as características específicas da gestão de pontes de um determinado território. Contudo, generalizações quanto as boas práticas podem ser reconhecidas em acordo com o objetivo comum de otimização dos recursos, dentre as quais se insere a redução de parcialidade das vistorias. A menos que, conforme demonstra Jeong et al. (2018), a subjetividade seja uma característica basilar e integrada ao sistema de avaliação da condição das pontes, normas e manuais de inspeção devem ser orientados à redução de parcialidade possibilitando resultados comparáveis. Contribuindo com a melhoria deste aspecto, a padronização das atividades desempenhadas por inspetores é considerada também uma boa prática que garante a assertividade das ações profissionais (VERLY et al., 2020; VARGAS-ALAS, 2016; TENŽERA, PUŽ e RADIĆ, 2012).

Em acordo com o constante desenvolvimento tecnológico e sofisticação da compreensão de patologia em estruturas, Hearn (2007) demonstra a necessidade de que as normas sejam desenvolvidas prevendo processo constante de melhoria das práticas de inspeção e do treinamento de inspetores. Tal fato se relaciona ao incremento da eficácia das recomendações presentes nos manuais, bem como a confiabilidade dos dados obtidos com as inspeções (JEONG et al., 2018; ASCE/SEI e AASHTO, 2009). Contexto em que também se insere a representatividade das informações coletadas e das avaliações das pontes, que precisam tanto quanto o possível demonstrar o real estado da obra avaliada. Portanto, é necessário que o material de referência para a inspeção proponha métodos que tornem os inspetores aptos a coletar as informações substanciais de modo



confiável e que as avaliações resultantes de tal processo possam retratar o estado da ponte sob avaliação de modo isolado e relativo as demais obras.

Dentre os objetivos ao se realizar inspeções está a possibilidade dos órgãos gestores de planejar as intervenções de MR&R nas pontes administradas (TENŽERA, PUŽ e RADIĆ, 2012; HEARN, 2007). Portanto, os resultados provenientes das vistorias devem contribuir com a administração das obras considerando a rede em que se inserem (DG MOVE, 2002), tornando possível a diferenciação da prioridade de intervenção relativa entre as pontes. Como boa prática é comum em metodologias internacionais de referência que as diretrizes sobre os procedimentos de inspeção possuam objetivos critérios de avaliação em contínuo processo de aperfeiçoamento, como demonstra Almeida (2013) sobre o conjunto de documentos normativos dos Estados Unidos. Ademais, Everett et al. (2008) evidenciam os guias e as diretrizes da Alemanha como uma referência internacional devido à disponibilidade de extensivos e completos materiais de consulta para orientar os inspetores nas práticas de vistoria, garantindo assim que as avaliações possuam baixa variabilidade.

Metodologia de inspeção da norma

O procedimento de inspeção de pontes definido pela NBR 9452 (ABNT, 2019) é apresentado no decorrer do documento normativo por intermédio de redação expositiva dos termos, conceitos e parâmetros pertinentes à prática; da delimitação de roteiros básicos; da disponibilização de modelos de fichas a serem preenchidos durante as inspeções; de figuras esquemáticas para indicar a convenção de nomenclatura das partes de uma ponte e fluxograma para orientar o gerenciamento de obras de arte especiais. As normas NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 16230 (ABNT, 2013) são indicadas como referências normativas relativas à projetos de estruturas de concreto e qualificação de inspetores, respectivamente. De tal modo, a metodologia de inspeção de pontes, brevemente sintetizada a seguir, é descrita exclusiva e integralmente pela NBR 9452.

A norma define que as inspeções realizadas no decurso da vida útil de uma ponte se distinguem em inspeção cadastral, rotineira, especial e extraordinária. Os tipos de inspeção se diferem quanto à finalidade, periodicidade e informações levantadas. A inspeção cadastral é a primeira a ser realizada em uma OAE, seja logo após a conclusão de sua construção ou quando a estrutura é incluída em um estoque de pontes. Esta perícia inicial tem por objetivo registrar as propriedades gerais da ponte em um banco de dados e, por este motivo, são coletadas informações referentes ao projeto, soluções construtivas, localização e características da estrutura. A norma estabelece que anualmente devem ser realizadas inspeções rotineiras, de maneira a manter um acompanhamento periódico da condição de conservação da ponte. Este tipo inspeção é realizado de maneira exclusivamente visual, identificando anomalias aparentes e avaliando a estrutura como um todo. A avaliação pormenorizada do estado de conservação é realizada em inspeções especiais, nas quais todos os elementos da ponte devem ser periciados de maneira individualizada. A periodicidade deste tipo de inspeção é de cinco anos, podendo ser postergada ou antecipada com base no resultado de inspeções anteriores. Por fim, inspeções extraordinárias são empregadas quando há demanda gerada por eventos fortuitos, como impacto causado por colisão ou fenômeno natural e, conseqüentemente, não possuem periodicidade prevista.

A metodologia de avaliação da NBR 9452 consiste na atribuição de notas de classificação, de modo a representar as anomalias identificadas na inspeção da ponte em um valor numérico que caracterize a condição geral da estrutura. As notas de classificação são apresentadas em uma escala de cinco níveis que variam de 1 a 5, da condição crítica à excelente, respectivamente. A avaliação deve ser realizada segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, sendo atribuída uma nota para cada um destes. São definidos como parâmetros estruturais os aspectos relacionados à segurança e estabilidade estrutural da ponte; parâmetros funcionais, os que influem no desempenho satisfatório da OAE - como conforto e segurança dos usuários em condução - e como parâmetros de durabilidade os aspectos que possuem impacto direto na vida útil e manutenção da estrutura. A norma apresenta um quadro que correlaciona cada parâmetro com as notas de classificação, contendo breve descrição da condição característica da OAE esperada em cada nível.



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

O relatório produzido em inspeções rotineiras, conforme modelo de ficha indicado na NBR 9452, é composto pelas informações gerais de identificação da ponte; pelo registro descritivo das manifestações patológicas observadas; pela classificação da OAE - indicando uma nota geral para cada parâmetro, conforme apresentado - e pela inclusão de levantamento fotográfico, com no mínimo oito fotografias. Para inspeções especiais, além das partes previamente mencionadas, deve ser incluído um parecer técnico de terapia e reparo que informe as conclusões da inspeção e recomendações de recuperação da estrutura. Ademais, a classificação em inspeções especiais deve ser realizada para cada parte constituinte da ponte, sendo dividida na norma em super, meso e infraestrutura, pista, encontros e elementos complementares. Por fim, a classificação final da OAE é definida pela menor nota dentre os elementos, segundo cada parâmetro.

De maneira a prover diretrizes que orientem o inspetor na atribuição de notas à nível de elemento em inspeções especiais, a NBR 9452 inclui referências de classificação em um de seus anexos. Apresentadas em tabelas, estas referências correlacionam os diferentes graus de deterioração em que anomalias podem ser detectadas na estrutura com as notas de classificação à que estes correspondam. A norma inclui tabelas para cada um dos parâmetros de avaliação - estrutural, funcional e de durabilidade - agrupando as referências ora por tipo de anomalia, ora por localização na ponte. Para os parâmetros estruturais e de durabilidade, as notas são discriminadas quanto à relevância do elemento avaliado na segurança estrutural da ponte, sendo dividida em principal, secundária e complementar. São conceituados como elementos principais aqueles cujo dano pode levar ao colapso total ou parcial da estrutura; secundários, os elementos que podem causar ruptura exclusivamente localizada e complementares os que possuam impacto meramente funcional. Enfim, para os parâmetros funcionais, a norma indica apenas que a avaliação deve levar em consideração as condições observadas e critérios de manuais e normas de projeto geométrico, sem indicar referência normativa.

Análise crítica da NBR 9452

Dada a significância da prática de inspeção no contexto da gestão de pontes e em vista do cenário nacional, tal qual abordado em publicações pertinentes, infere-se a carência de produções acadêmicas que avaliem de maneira pormenorizada os documentos normativos vigentes no Brasil. Desse modo, propõe-se analisar o procedimento de inspeção deliberado pela NBR 9452 (ABNT, 2019) de maneira a julgar a efetividade da metodologia para os processos de gestão de pontes, levando em consideração as boas práticas de referência previamente apresentadas. Assim como elaborado em Verly et al. (2020), a metodologia da norma é avaliada sob a ótica da aplicação prática dos procedimentos, assim como observada por inspetores que a empreguem, e da utilização de seus resultados, tal como considerados por gestores que os utilizem para tomada de decisão. Para tal, pretende-se expor aspectos inconsistentes da norma evidenciados pela identificação de informações ambíguas, imprecisas ou conflitantes em seus conceitos, critérios e referências.

O instrumento básico de acompanhamento periódico da condição de uma ponte definido pela NBR 9452 é a inspeção rotineira. Todavia, a subjetividade do procedimento proposto pela norma pode gerar resultados insuficientemente confiáveis. Isto se dá pela maneira prática de como a perícia é executada, pela metodologia de classificação e os critérios apresentados para tal. Este tipo de inspeção é realizado de maneira exclusivamente visual, sem a utilização de equipamentos de acesso e medição, permitindo assim que anomalias de escala reduzida ou presentes em locais não aparentes possam não ser detectadas. Ademais, a classificação é feita com a atribuição de notas gerais para a ponte, resumindo todas as anomalias - observadas em diferentes elementos e graus de deterioração - em um único valor, segundo cada parâmetro, de modo empírico. Como não são apresentadas referências para condições específicas, a classificação é fundamentada exclusivamente nos critérios gerais estabelecidos pela norma, isto é, a caracterização da condição referente a cada nota. Tais critérios apresentam descrições qualitativas como “a OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam sua vida útil” (ABNT, 2019, p. 8) para definir a condição “ruim” segundo os parâmetros de durabilidade, a título de exemplo. Dessa maneira, sem a delimitação de critérios específicos



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

para orientar a classificação, a qualidade e a precisão dos resultados derivam, essencialmente, do julgamento do inspetor responsável pela avaliação.

Depender significativamente do nível de conhecimento técnico e das condições situacionais em que se encontra o agente que realiza a inspeção confere notável grau de subjetividade à metodologia, particularmente quando o perfil deste pode variar de forma considerável. Assim como deliberado pela NBR 16230, os requisitos mínimos de escolaridade para candidatos aptos à certificação como inspetor vão desde ensino médio completo até doutorado em patologia das estruturas (ABNT, 2013). Para além disso, o curso de formação ministrado para certificação de inspetores possui carga horária de apenas 28 horas, conforme IBRACON (2017). Isto posto, salienta-se como a diversidade de formação e experiência dentre os profissionais, em um contexto de metodologia de inspeção com critérios ambíguos, pode levar a elevada variabilidade dos resultados. Ainda, a escassez de critérios robustos para inspeções rotineiras é desfavorável à imparcialidade dos julgamentos. Isto possibilita a concentração de notas em valores médios, de maneira a evitar avaliações muito conservadoras ou ousadas, dada a atribuição de responsabilidade ao inspetor perante seus resultados e às consequências destes para a gestão da ponte.

Objetivando garantir maior detalhamento à avaliação da condição de pontes em inspeções especiais, a NBR 9452 inclui referências de classificação, diferentemente do procedimento rotineiro. Mesmo que apresentadas em caráter informativo e não normativo, estas referências orientam a atribuição de notas de avaliação, garantido maior padronização aos resultados. Não obstante, o material contido na norma demonstra possuir abrangência reduzida, nível de detalhamento limitado e informações ambíguas ou inexatas quando equiparadas entre si ou com os critérios gerais já instituídos, como evidenciado a seguir.

O primeiro indício da limitação das referências de classificação é a baixa quantidade de condições apresentadas: são 33 referências quanto aos parâmetros estruturais, 14 para os funcionais e 27 de durabilidade, compreendidas em 5 tipos de anomalia (fissuração, flecha, carbonatação, anomalias na armadura e no concreto) e 10 elementos (apoios, aparelhos de apoio, drenos, dispositivos de segurança, encontros, gabaritos, guarda-corpo, juntas, pista e taludes) (ABNT, 2019). Mesmo em seção anterior da norma, na qual são citadas anomalias comumente encontradas em pontes, há 48 exemplos listados. Levando em consideração os diferentes níveis de degradação nos quais estas anomalias podem se apresentar na estrutura, é razoável concluir que seja necessário um número mais elevado de referências para abranger as condições frequentemente encontradas em campo. Ao se comparar com o que é praticado em um país de referência quanto à norma de inspeção de pontes como a Alemanha, que dispõe de um catálogo digital com mais de 1800 referências cadastradas (EVERETT et al., 2008), torna-se evidente a escassez da NBR 9452.

Dentre as caracterizações que são apresentadas pela norma é possível identificar referências que pouco contribuem para orientar de forma objetiva na atribuição das notas de classificação. A NBR 9452 define que, de maneira a constituir uma avaliação pormenorizada, as inspeções especiais devem contemplar levantamento “quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da OAE, com o intuito de formular o diagnóstico e prognóstico da estrutura” (ABNT, 2019, p. 5). Contudo, verifica-se que estes dados quantitativos encontram pouca aplicação direta na metodologia de classificação: menos de um quinto das referências apresentam medidas ou proporções como critério para atribuição das notas.

Deste modo, parte majoritária das referências se baseia em parâmetros exclusivamente qualitativos, abrindo espaço para interpretações distintas. A referência de classificação apresentada na Tabela 1 ilustra a problemática desta abordagem. A ausência de critérios mais objetivos faz com que a atribuição de nota 3 ou 2 fundamente-se sobretudo na interpretação pessoal do inspetor do que distingue uma “erosão localizada” de uma “erosão significativa”.

Tabela 1 - Referência para classificação de taludes quanto à durabilidade. Fonte: ABNT (2019).

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação
Taludes	Taludes dos encontros com erosão localizada	3
	Taludes dos encontros com erosão significativa	2

Diferentemente do caso anterior, a referência apresentada na Tabela 2 define critérios quantitativos específicos. De tal modo, ainda que inspecionado por profissionais diferentes, um mesmo elemento avaliado quanto à esta anomalia obterá a mesma classificação atribuída, evitando assim desvios na variabilidade dos resultados. A utilização de levantamentos quantitativos pode ser a base de toda a metodologia de classificação, como é o caso do procedimento de inspeção de pontes estadunidense da AASHTO (2013), no qual a área de um elemento deve ser totalmente alocada nos índices de condição. Para isto, a norma contém extensivas referências com critérios quantitativos que definem a qual índice cada área deve ser atribuída.

Tabela 2 - Referência para classificação de concreto quanto à durabilidade. Fonte: ABNT (2019).

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação
Concreto	Concreto segregado com áreas inferiores a 0,1 m²	4
	Concreto segregado em pequenas áreas (entre 0,1 m² e 0,5 m²)	3
	Concreto segregado em área superior a 0,5 m²	2

Para além da incerteza gerada por indicações ambíguas, divergências entre as referências e os critérios gerais de classificação também podem suscitar dúvida nos procedimentos de avaliação. Ainda que a NBR 9452 defina que a classificação deve seguir os critérios gerais, é possível identificar referências que indiquem notas conflitantes com a descrição dos parâmetros inicialmente estabelecidos. De acordo com a referência exposta na Tabela 3, no caso da detecção de anomalias que possam causar desconforto aos usuários, o elemento em análise pode ser avaliado quanto à funcionalidade com a nota 4, referente a boa condição.

Tabela 3 - Referência para classificação da pista quanto à funcionalidade. Fonte: ABNT (2019).

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetros funcionais		Nota de classificação
Pista	Pista de rolamento com pequenas irregularidades, sem gerar desconforto ao usuário	5
	Pista de rolamento com irregularidades, gerando desconforto ao usuário	4

Contudo, conforme evidenciado na Tabela 4, o conceito de boa condição segundo os parâmetros funcionais definido nas seções iniciais da norma estabelece que esta é uma caracterização exclusiva a danos que não geram desconforto aos usuários. De tal forma, ao seguir esta diretriz, um inspetor não poderia atribuir nota 4 a uma pista de rolamento com irregularidades como descritas na referência mencionada. A classificação coerente para esta conjuntura segundo os critérios gerais da norma seria nota 3, condição regular.

Tabela 4 - Classificação da condição da ponte segundo o parâmetro funcional. Fonte: ABNT (2019).

Nota de classificação	Condição	Caracterização funcional
4	Boa	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário
3	Regular	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo

Analogamente, este tipo de incongruência também pode ser observado ao se comparar os critérios gerais com os critérios de relevância dos elementos, utilizados para definir a nota a ser atribuída à um elemento com base em seu impacto na segurança estrutural. Nesta caracterização, a NBR 9452 define elementos complementares como sendo aqueles “cujo dano não causa nenhum comprometimento estrutural, apenas funcional na OAE” (ABNT, 2019, p. 30). De modo a atender à esta diretriz, faz-se lógico pressupor que nenhum elemento complementar seja avaliado como em condição regular (nota 3) ou inferior segundo os parâmetros estruturais, uma vez que esta é definida como uma condição em que “há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural” (ABNT, 2019, p. 8). Ainda assim, a condição regular é atribuída em um terço das referências de classificação para elementos complementares avaliados quanto a parâmetros estruturais, em desacordo com o critério previamente estabelecido.

Além da subjetividade dos procedimentos e inconsistências nas referências de classificação, destacam-se limitações na aplicabilidade dos resultados de inspeções pela metodologia de avaliação da NBR 9452. Ao definir a nota final da OAE como sendo a menor dentre os elementos - que, por sua vez, representam a anomalia mais agravada em cada um destes - o resultado das inspeções retrata exclusivamente o problema mais crítico da ponte e não a condição de conservação da estrutura como um todo. Por conseguinte, a condição dos demais elementos não possui impacto na nota final de classificação. Tal abordagem permite que a urgência de intervenção demandada pela condição mais crítica da ponte seja facilmente identificada, porém, pode não prover informação suficientemente detalhada. Retomando à finalidade das práticas de inspeção no contexto da gestão de pontes, ressalta-se a relevância de que os resultados destas forneçam dados satisfatoriamente representativos da condição de campo para auxiliar na tomada de decisão. Dessa maneira, a priorização de medidas de intervenção em uma OAE em detrimento de outra - levando em consideração o contexto de recursos limitados - tem por fundamento estes resultados.

Em vista do elevado número de pontes em um mesmo estoque, é esperado que muitas possuam a mesma classificação, dado que a escala possui apenas cinco níveis. Nesta conjuntura, conclui-se que a nota de classificação por si só, como proposta pela NBR 9452, não é capaz de discriminar entre duas pontes que apresentem condições consideravelmente distintas, apesar de compartilhar a mesma avaliação. Esta complicação pode ser ilustrada ao se pressupor duas estruturas hipotéticas que recebam a mesma classificação segundo os parâmetros estruturais como nota 3, ou seja, condição ruim. Na conjectura proposta, uma das pontes pode estar em bom estado de conservação geral e apresentar exclusivamente desníveis do pavimento entre o tabuleiro e o terrapleno. Já a segunda pode ter todas suas juntas obstruídas, com formação de fissuras em vigas; armadura principal exposta e corroída em todos os pilares, com perda de até 20% de seção; fissuras com abertura acima dos limites definidos pela norma de projeto por toda a laje e todos os aparelhos de apoio comprometidos. Ainda assim, seguindo estritamente a metodologia de avaliação e as orientações das referências, ambas as estruturas recebem exatamente a mesma classificação: “ruim”.



Conclusões

À luz de boas práticas de referência apresentadas em bibliografias nacionais e internacionais, propôs-se realizar uma análise crítica do principal documento normativo nacional, a NBR 9452, tendo sido constatadas as avaliações sumarizadas a seguir. O fato da metodologia de avaliação estabelecida pela norma para inspeções rotineiras se fundamentar em critérios essencialmente qualitativos, agregado ao procedimento de inspeção exclusivamente visual e à heterogeneidade da formação e experiência de inspetores, confere expressivo grau de subjetividade à inspeção, afetando assim a confiabilidade de seus resultados. No caso do procedimento estabelecido para inspeções especiais, apesar de serem apresentadas referências de classificação para orientar a atribuição de notas, estas diretrizes possuem significativa limitação tanto no número de condições abrangidas, quanto no detalhamento das descrições indicadas. A existência de referências ambíguas e inconsistentes em relação aos critérios de classificação previamente estabelecidos é um fator que pode suscitar dúvida à avaliação. Além disso, a representatividade do resultado das inspeções é restringida pelo fato das notas de classificação retratarem apenas a anomalia mais crítica no elemento mais afetado, sem qualquer impacto das condições das demais partes constituintes da ponte. Semelhantemente, nota-se como a baixa discretização dentre as notas não provê informações suficientes para distinguir estruturas em uma mesma classificação que possuam condições diversas.

As conclusões apresentadas corroboram o argumento de que a NBR 9452, mesmo após as recentes revisões, carece de aperfeiçoamento dos procedimentos estabelecidos e das informações contidas no documento. Ao afetar a qualidade dos resultados de inspeção, as imprecisões apontadas na norma podem impactar negativamente em decisões tomadas na gestão de pontes. Ao se tratar de estruturas de elevado interesse, tanto por seu valor econômico quanto pelos riscos envolvidos, torna-se evidente o quão relevantes são propostas que refinem os procedimentos envolvidos na manutenção destas. No que concerne a norma de inspeção de pontes avaliada, destacam-se medidas para a expansão do catálogo de referências, compatibilização dos critérios e classificações e alteração da metodologia para atribuição de notas. Neste contexto, notabilizam-se as propostas apresentadas em Verly et al. (2020), que discutem a melhoria dos métodos de inspeção de pontes do Brasil por meio do desenvolvimento contínuo de materiais de referência e da elaboração de parâmetros de relevância para definição do índice de condição de pontes, além de Giovannetti (2019), que estuda o uso de sistema de lógica difusa para sintetizar as notas de classificação.

Referências

- ALMEIDA, J. O. Sistema de gestão de pontes com base em custos de ciclo de vida. Universidade do Porto, Porto, 2013.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS – AASHTO. The manual for bridge evaluation. 2ª Edição. Washington, DC, 2013.
- ASCE/SEI; AASHTO. White paper on bridge inspection and rating. Journal of Bridge Engineering, v. 14, n. 1, jan./fev. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16230: Inspeção de estruturas de concreto: Qualificação e certificação de pessoal – Requisitos. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9542: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2019.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. Pesquisa CNT de Rodovias 2019. Brasília, 2019.
- CRUZ, R. B. C; et al. Contribuições sobre inspeções em pontes e viadutos conforme NBR 9452:2016. Revista Engenharia Estudo e Pesquisa, São Paulo, ABPE, v. 17, n. 1, jan./jun. 2017.



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

- DIRECTORATE GENERAL FOR MOBILITY AND TRANSPORT – DG MOVE. Procedures Required for Assessing Highway Structures. European Commission: United Kingdom. 2002.
- EVERETT, T. D. et al. Bridge evaluation quality assurance in Europe. Federal Highway Administration. Washington, DC, 2008.
- GIOVANNETTI, A. C. V. P. Metodologia para comparar o estado de conservação de pontes baseada na nbr 9452/2016 e utilizando sistema fuzzy. UFSC. Florianópolis, 2019.
- GIOVANNETTI, A. C. V. P. Avaliação de Obras de Arte Especiais - comparação entre a NBR 9452-2019 e o método esloveno. Em: Ampliação e aprofundamento dos conhecimentos nas áreas das engenharias. Atena Editora, Ponta Grossa, 2020.
- HEARN, G. Bridge inspection practices. NCHRP Synthesis 375. Transportation Research Board of the National Academies, Washington DC, 2007.
- HELMERICH, R. et al. Bridge inspection and condition assessment in Europe. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, v. 2044, n. 1, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON. Capacitação de inspetores de estruturas de concreto. Concreto & Construções, São Paulo, vol. 86, p. 11-12, abr./jun. de 2017.
- JEONG, Y. et al. Bridge inspection practices and bridge management programs in China, Japan, Korea, and US. Journal of Structural Integrity and Maintenance, v. 3, n. 2, p. 126-135, 2018.
- MENDES, P. T. C. Contribuições para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras. Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2009.
- MOTTA, E. et al. Comparação das normas de inspeção de Obras de Arte Especiais vigentes no Brasil. Em: 9º Congresso Rodoviário Português – 9º CRP. Lisboa/Portugal, 2019.
- OLIVEIRA, C. B. L. Determinação e análise de taxas de deterioração de pontes rodoviárias do Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2019.
- OLIVEIRA, C. B. L. et al. Eficácia da gestão de pontes rodoviárias à luz das práticas de inspeção brasileiras. TRANSPORTES, v. 27, n. 4, p. 172-186, 2019.
- OLIVEIRA, C.B.L.; GRECO, M.; BITTENCOURT, T. N. Analysis of the brazilian federal bridge inventory. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2019.
- ROCHA, G. S.; OLIVEIRA, H. L. G. Inspeção e avaliação de patologias em pontes de concreto armado sob a ótica da NBR 945-2016 – estudo de caso em viaduto da BR 376. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- SANDES, N. R. Inspeção de pontilhão urbano em concreto armado segundo a NBR 9452:2019 - Inspeções de OAEs. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe. Aracaju, 2020.
- SANTOS, A. Inspeção em pontes e viadutos ganha novos critérios. Massa Cinzenta, Rio de Janeiro, 18 de mai. de 2016. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/inspecaoem-pontes-e-viadutos/>>. Acesso em: 4 de mar. de 2021.
- TENŽERA, D.; PUŽ, G.; RADÍČ, J. Visual inspection in evaluation of bridge condition. Gradevinar, v. 64, n. 9, 2012.
- VARGAS-ALAS, L. G. et al. Recomendaciones para Mejorar el Manual de Inspección de Puentes del MOPT. Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR, 2016.
- VITÓRIO, J. A. P. Vitorias, conservação e gestão de pontes e viadutos de concreto. Em: Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto. 2006.
- VERLY, R. C. Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em Obras de Arte Especiais. Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2015.
- VERLY, L. R. V. R.; SIMÕES, L. F.; RODRIGUES, P. F.; SILVA, V. C. P. Proposta de melhoria dos métodos de inspeção de pontes do Brasil. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020.