Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

METODOLOGIA DE CADASTRO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

E. FLÔR
Engenheiro Civil
Universidade Federal do Paraná
Paraná; Brasil
ericp.f@hotmail.com

I. GIACOMELI
Engenheira Civil
Universidade Federal do Paraná
Paraná; Brasil
ingrid.giacomelli1@gmail.com

L. ANDRADE
Estudante
Universidade Federal do Paraná
Paraná; Brasil
leticiaa.andrade@hotmail.com

C. DA ROSA
Estudante
Universidade Federal do Paraná
Paraná, Brasil
camila_mrosa@yahoo.com.br

RESUMO

Obras de Arte Especiais (OAEs) são elementos essenciais em um sistema viário, visto que permitem transpor impedimentos às vias de tráfego. Analogamente a outras tipologias da construção civil, essas estruturas requerem etapas de manutenção e conservação ao longo da vida útil, uma vez considerada a magnitude dos impactos socioeconômicos consequentes da suspensão dessas obras. O Escritório Modelo de Engenharia Civil (EMEA) da Universidade Federal do Paraná, juntamente ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) têm desenvolvido nova metodologia de inspeção de OAEs. Essa metodologia busca contribuir com aprimoramento ao processo de inspeção existente definido pelo departamento, proporcionando informação adequada para o planejamento de obras de reparo e manutenção, em especial à norma DNIT 010/2014 PRO. Entre as pontuações mais relevantes da metodologia de inspeção destacam-se o registro cadastral das obras de arte e a avaliação de manifestações patológicas coligada ao modelo de ranqueamento, também definido pelo escritório. Este artigo tem por objetivo apresentar os critérios essenciais dessa metodologia, bem como o fluxo dos processos de coleta e registro dos dados. Em acréscimo, os critérios de avaliação das manifestações patológicas, cerne desta metodologia, serão pormenorizados. Cumpre mencionar que esta última avaliação leva em conta as ponderações da equipe de inspeção, além de ensaios laboratoriais com o material coletado.

Palavras-chave: Obras de Arte Especiais, Metodologia de Inspeção, Avaliação de Manifestações Patológicas.

ABSTRACT

Bridges are essential elements in a road system, since they allow overcoming eventual impediments in traffic lanes. Similarly to other kinds of construction, these structures require maintenance and conservation throughout its lifecycle, once considered the magnitude of socio-economic impacts caused by its suspension. The Escritório Modelo de Engenharia (EMEA) of Universidade Federal do Paraná, along with National Department of Transport Infrastructure (DNIT) have developed a new OAE inspection methodology. This methodology aims to contribute on improving the existing inspection procedures laid down by the department (DNIT 010/2014 PRO), providing adequate information for planning, repair and maintenance works. Among the most relevant matters in this inspection methodology counts registration and damage evaluation, this related to a ranking model, also defined by the office. This article aims to present the essential criteria of this methodology as well as the process flow and data recording. In addition, the criteria for damage evaluation, heart of this methodology, will also be detailed. It should be mentioned that this assessment takes into account inspectors visual considerations and laboratory tests with the collected material.

Keywords: Bridges, Inspection Methodology, Damage.

1. INTRODUÇÃO

A malha rodoviária sob administração do DNIT no Brasil possui cadastrados 1,7 milhões de quilômetros de rodovias pavimentadas e não pavimentadas, sendo aproximadamente 119 mil quilômetros de rodovias federais [1]. Distribui-se nessa malha federal, sob a jurisdição do DNIT, um total de 4.469 unidades de obras de arte especiais [2].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Segundo a norma de inspeções de pontes e viadutos de concreto armado e protendido do DNIT (DNIT 010/2014 PRO) a inspeção de ponte pode ser definida como a atividade técnica que abrange a coleta de informações do projeto e da construção, o exame minucioso da ponte, a elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra, além de outras recomendações [3].

As inspeções não só previnem o insucesso, como também fornecem informações necessárias para uma administração eficaz da rede de pontes. Durante as inspeções, as necessidades de reparos urgentes, manutenção e as substituições de parte dos elementos de pontes podem ser detectadas e notificadas. Com base no relatório de inspeção, os Sistemas de Gestão de Pontes (SGP) podem ainda definir prioridades e estabelecer programas para aplicar os recursos disponíveis para as pontes mais críticas [2].

Pontes e viadutos estão sujeitas a degradação de diversas naturezas que podem afetar seu comportamento estrutural e, por suas funções estruturais e exposição ao meio, necessitam de inspeções periódicas para monitoramento do seu estado de conservação. A partir da inspeção, o responsável pelo gerenciamento pode vir a prever ações de intervenção a fim de minimizar os processos de deterioração da estrutura, evitando colapsos e acidentes. [4]

Um dos fatores que influencia na conservação inadequada das OAEs brasileiras é a ineficiência dos sistemas de gerenciamento dessas obras. Esses sistemas apresentam deficiências e pouco oferecem considerações sobre durabilidade e vida útil que atendam a realidade nacional, não permitindo que os processos de inspeção, manutenção, recuperação e reconstrução dessas estruturas sejam gerenciados adequadamente [2].

O colapso ou a restrição parcial destas estruturas pode ocasionar perdas públicas e privadas. Para maximizar o retorno dos grandes investimentos realizados nessa área e garantir o funcionamento operacional durante todo o ciclo de vida, há necessidade de desenvolvimento de estratégias efetivas de manutenção e reparos. [5]

Quanto mais cedo forem realizados serviços de recuperação das manifestações patológicas, mais será possível garantir durabilidade, efetividade, facilidade de execução e menores custos de operação.

Segundo a lei de Sitter (Figura 64, [6]), o importe financeiro para recuperação cresce em progressão geométrica. Por sua vez, a vida útil de uma estrutura pode ser dividida em quatro fases:

Fase A: projeto e construção;
Fase B: início dos danos;
Fase C: início da propagação do dano;
Fase D: estado avançado de propagação.



Figura 64 – Lei de Sitter

Os sistemas de gestão de pontes devem incluir um banco de dados que contenham informações sobre as características da estrutura, componentes degradados, condições climáticas, tráfego, entre outros dados que o órgão gestor definir como necessário. Além disso, contribui garantir informações e rotinas que quantificam a eficácia de estratégias de manutenção, reabilitação e informações sobre os custos viários. Essas informações devem ser compiladas em modelos e algoritmos de tomada de decisão de acordo com a demanda de gestão. [7]

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Tendo em vista os aspectos mencionados, o presente artigo cumpre o objetivo de apresentar a metodologia de inspeção proposta pelo Escritório Modelo de Engenharia (EMEA), que visa contribuir com a norma de inspeção DNIT 010/2004-PRO através de duas finalidades principais:

a) Operacionalização do método, uma vez que define em maior nível de detalhe os subprocessos a serem realizados inspetores;

b) Acréscimos relacionados ao cadastramento das manifestações patológicas e ranqueamento das obras segundo o modelo proposto pelo escritório.

Neste objetivo, o artigo é estruturado da seguinte forma, conforme será visto nos capítulos subsequentes. Primeiramente, no capítulo 2, será ditada, em breve análise, a metodologia proposta pela norma DNIT 010/2004-PRO. Em contraposição, o capítulo 3 apresenta o modelo elaborado pelo escritório, designado 'Modelo EMEA'. O Capítulo 4, conclusivo, garante comparar ambos modelos e sintetizar os acréscimos propostos.

2. A METODOLOGIA DE INSPEÇÃO DE OBRAS DE ARTE UTILIZADA PELO DNIT - DNIT 010/2004-PRO

O Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre do Brasil, responsável pela jurisdição das obras de arte especiais das rodovias federais, utiliza como normativa o procedimento DNIT 010/2004 PRO – Inspeção em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento e o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviária, 2004.

O DNIT 010/2004 PRO fixa as condições exigíveis para a realização de inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido, podendo ser aplicados também a estruturas semelhantes. São descritos três tipos principais de inspeção.

a) Inspeção Cadastral
Primeira inspeção a ser realizada, tem como objetivo o cadastramento da ponte ou viaduto, logo após o término de construção. Trata-se de uma inspeção fortemente documentada que servirá como referência para outras inspeções;

b) Inspeção Rotineira
Inspeções periódicas, habitualmente realizadas a cada dois anos. Têm como objetivo a avaliação visual da condição e evolução de falhas já detectada em inspeção anterior, assim como novos danos;

c) Inspeção Especial
Devem ser realizadas quando são detectados danos graves à estrutura na inspeção cadastral e de rotina, em pontes que possuam estruturas complexas que necessitem monitoramento e em ocasiões especiais, como passagem de cargas especiais.

O Manual de Inspeção acrescenta outras duas categorias de inspeção, a caráter complementar.

d) Inspeção Intermediária
Recomendada para monitorar uma anormalidade já suspeitada ou detectada.

e) Inspeção Extraordinária
Efetuada quando ocorrem danos estruturais repentinos.

Cabe salientar que para realização de uma inspeção e por fim para a avaliação da OAE o Manual de Inspeção do DNIT define nível de competência mínima ao profissional. Essa competência deve garantir que o profissional seja registrado e diplomado, com pelo menos cinco anos de experiência em projeto de pontes e cinco anos de experiência em inspeção de pontes, além de total conhecimento do levantamento técnico apontado no manual de inspeção de 2004.

Etapa importante da inspeção consiste na classificação da obra conforme o nível de desempenho. Para tanto, é necessário avaliar a obra quanto ao nível de degradação. A Tabela 1 apresenta a classificação final da estrutura conforme a avaliação da inspeção rotineira, contida na norma DNIT 010/2004 PRO. A avaliação ocorre de maneira qualitativa e são apresentados quatro tipos de categorias para OAE de acordo com a nota final, elencadas na tabela.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Nesta avaliação, é atribuído a cada conjunto de elementos da ponte uma nota, que varia de 1 a 5, a qual refletirá maior ou menor gravidade de problemas existentes no elemento. A nota final da ponte corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

Tabela 1 - Correlações entre as notas atribuídas e a categoria dos problemas estruturais detectados nas inspeções DNIT 010/2004 PRO

Nota	Dano no Elemento / Insuficiência Estrutural	Ação Corretiva	Condições de Estabilidade	Classificação das Condições da Ponte
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a Fazer	Boa	Obra sem Problemas
4	Há danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural.	Nada a fazer, apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.	Boa Aparentemente	Obra Potencialmente Problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra de ver feita no curto prazo	Sofrível	Obra Problemática Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções Intermediárias são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural da ponte. O elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) ou em alguns casos, substituição da obra - deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica Em alguns casos pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial de tráfego, escoramento provisórios, instrumentação com leituras continuas de deslocamento e deformações etc.

O procedimento apresentado nesses documentos apresenta como principais falhas não quantificar o dano de maneira padronizada, no que depende exclusivamente dos critérios qualitativos do inspetor [8]. Estudos levantaram os problemas nas fichas de inspeção utilizadas nas vistorias. Na medida em que esta avaliação desconsidera a influência do entorno e de fatores ambientais na degradação das estruturas, não concede, portanto, ênfase suficiente às manifestações patológicas [9].

Em resumo, os procedimentos gerais da metodologia proposta pelo manual do DNIT apresentam as informações principais para a inspeção de pontes, levantando itens importantes para sua realização. Sob o ponto de vista dos autores deste artigo, a inspeção de uma ponte pode ser conduzida de forma mais sistemática e disciplinada, de modo a garantir que todo elemento estrutural seja inspecionado, a partir de fichas de inspeção que garantam maior pormenorização deste procedimento.

3. METODOLOGIA DE INSPEÇÃO ELABORADA PELO ESCRITÓRIO MODELO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

O procedimento de inspeção ora exposto foi elaborado pelo Escritório Modelo de Engenharia Civil (EMEA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), durante a realização do projeto “Desenvolvimento de metodologia objetiva

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

das condições funcionais e estruturais de obras de arte especiais" em parceria com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Com o objetivo principal de sistematizar o procedimento de inspeção, almeja-se em segundo plano aumentar a confiabilidade dos relatórios de inspeção a partir da padronização do processo. Além disso, busca-se maior nível de detalhe nas avaliações de desempenho das estruturas.

Essa metodologia divide-se estrategicamente em 3 macro etapas de Inspeção. São elas a Pré-Inspeção (previamente à ida à campo), Inspeção (no campo) e Pós-Inspeção (após o retorno do campo), detalhadas nos tópicos 3.1, 3.2 e 3.3, respectivamente.

3.1 Pré-inspeção

Na pré-inspeção é realizado um levantamento dos dados pré-existentes da estrutura a ser inspecionada, que abrange os seguintes passos.

3.1.1 Levantamento dos documentos iniciais das Obras de Arte Especiais (OAEs)

Essa etapa consiste em conhecer a estrutura e seu histórico. A consulta desses arquivos deve estar disponível ao inspetor, assim como eventuais inspeções anteriores. Aconselha-se que o inspetor estude a OAE antes da ida a campo.

3.1.2 Recebimento e conferência dos equipamentos

A retirada dos equipamentos a serem utilizados durante as inspeções deve ser realizada na pré-inspeção, após um breve conhecimento da estrutura e do seu histórico de inspeções. No entanto, há sempre um conjunto básico de equipamentos utilizado em todas as inspeções, por mais precára que seja. Este conjunto contempla ferramentas básicas necessárias a realização de qualquer inspeção de OAE. Sinteticamente, o conjunto de equipamentos é composto por:

- Equipamentos de Segurança (Capacete, Cordas, Colete de Segurança, Perneiras, entre outros)
- Equipamentos de Medição (Trena de roda, trena à laser, trena metálica)
- Fichas de Anotação (Ficha cadastral, Registro Fotográfico, Folhas destinadas ao desenho de Croquis, Ficha cadastral de Manifestações Patológicas. O conjunto das fichas é denominado 'Caderno de Inspeção'). Instrumentos de anotação (Pranchetas e Lápis)
- Equipamentos Auxiliares (Binóculo, Bússola)
- Equipamentos de Suporte a Ensaios (Recipientes coletores de amostras, Fissurômetro)
- Equipamentos para realização de ensaios (Disco de Corte, Fenolftaleína, Gerador de Energia, Voltímetro, Esclerômetro, entre outros. Essess equipamentos são utilizados somente nos casos de obras em que serão realizados os ensaios, na maioria dos casos, em uma segunda visita.)

3.1.3 Definição das atribuições internas da equipe de inspeção

Nesta etapa da pré-inspeção é feita a divisão das atribuições dos auxiliares durante as inspeções. A equipe de inspeção das viagens realizadas pelo escritório é sempre constituída por 4 a 6 integrantes. É obrigatória a presença de um engenheiro civil registrado no CREA, que possua total conhecimento dos Manuais de inspeção do DNIT e que tenha realizado o treinamento de inspeção do EMEA– UFPR.

Além do engenheiro, integram a equipe auxiliares de inspeção. No caso do escritório, os auxiliares são alunos da graduação em engenharia civil da UFPR, que também participaram do treinamento de inspeção do EMEA-UFPR.

3.2 Inspeção

A inspeção é o procedimento em campo propriamente dito. Esta etapa é constituída pelas atividades que serão elencadas na sequência. Cumpre ressalvar que todos os documentos de anotação ora apresentados constituem o denominado 'Caderno de inspeção'. O caderno de inspeção é particular para cada OAE, e confere:

a) Ficha cadastral da OAE
b) Folhas para desenho de croquis
c) Registro Fotográfico

d) Cadastro de Manifestações Patológicas
e) Ficha de Inspeção Rotineira (conforme modelo DNIT 010/2004 PRO).

3.2.1 Cadastro da OAE

Inicialmente, a obra de arte especial deve ser cadastrada conforme as características morfológicas e de operação, a região de entorno e as características geométricas da Obra de Arte. A Figura 1 ilustra parte dos dados cadastrais que devem ser conferidos em campo. Essa ficha está presente no procedimento de inspeção DNIT 010/2004 PRO e foi adaptada para o modelo EMEA.

CARACTERÍSITCAS PLANI-ALTIMÉTRICAS		
Região: ☐ PLANA ☐ ONDULADA ☐ MONTANHOSA		Greide: Rampa Máxima (%): _____
Traçado: ☐ TANGENTE ☐ CURVO	Raio: _____ m	Travessia: ☐ ORTOGONAL ☐ ESCONSA
CARACTERÍSITCAS DA PISTA		
Larg. Total da Pista: _____ m	Pavimento: ☐ Asfalto ☐ Concreto	Drenos: ☐ SIM ☐ NÃO
N° de Faixas: _____	Largura de uma Faixa: _____ m	Pingadeiras: ☐ SIM ☐ NÃO
Acostamento: ☐ SIM ☐ NÃO	Largura Passeio Esq.: _____ m	
Larg. Acostamento Esq.: _____ m	Largura Passeio Dir.: _____ m	
Larg. Acostamento Dir.: _____ m	Guarda-Rodas: ☐ P. Antigo ☐ N. Jersey ☐ Outro	

Figura 2: Trecho da ficha de dados cadastrais.

3.2.2 Croqui

O croqui da OAE deve ser realizado durante a inspeção de forma a garantir o entendimento geométrico da estrutura da obra. Para isto, devem ser ilustrados:

a) Vista superior das pistas de rolamento
b) Vista superior dos elementos da ponte
c) Perfil Longitudinal
d) Perfil Transversal
e) Detalhes Gerais (quando necessária representação especial).

Posteriormente, na etapa de pós-inspeção, o croqui confeccionado em campo será transferido para o modelo CAD, exemplificado na figura 3.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

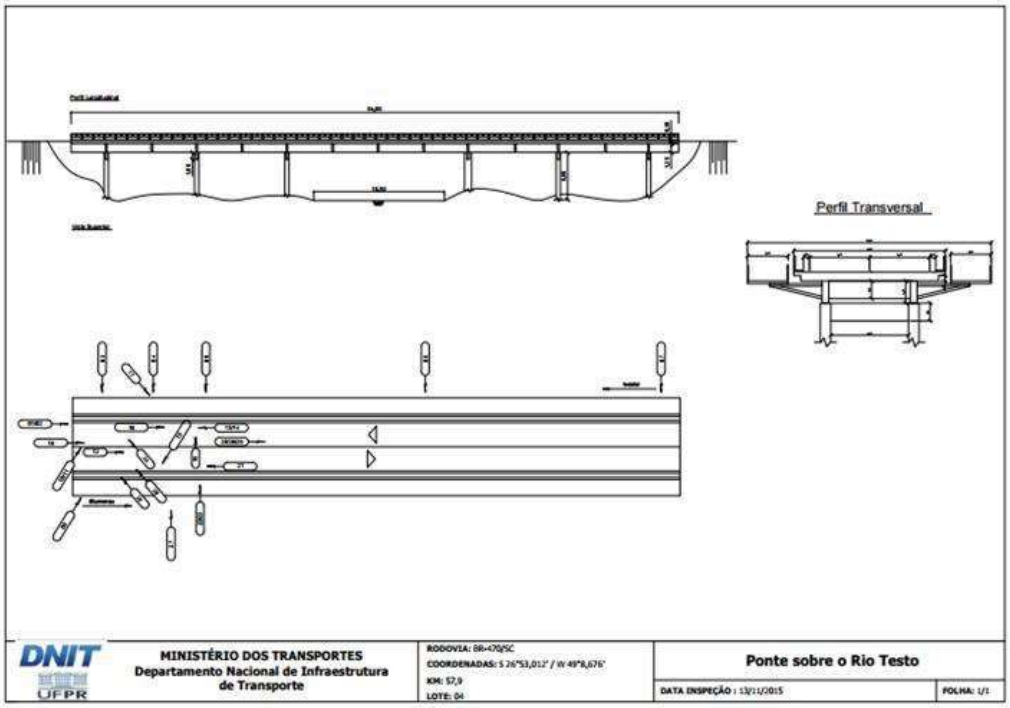

Figura 3: Croqui de OAE, indicando os perfis longitudinal e transversal, além da referência das fotografias sobre a vista das pistas de rolamento.

3.2.3 Fotografias cadastrais da OAE

As fotografias são indispensáveis para o cadastro da OAE, uma vez que representam as características da obra como um todo. Algumas fotografias são obrigatórias para melhor compreensão da obra de arte e de seu entorno.

a) Vista Geral: A fotografia deve mostrar a OAE, o entorno e o ambiente no qual ela está inserida.
b) Vista Superior: As fotografias devem mostrar claramente a direção das pistas de rolamento, a condição do pavimento, a sinalização e as estruturas secundárias como guarda-corpos e passeios.
c) Vista Lateral Direita: As fotografias devem registrar a ponte em todo seu comprimento, evidenciando os vãos e o tipo de encontro ou contenção. A recomendação é que sejam registradas ao menos três fotografias, uma em cada extremidade da OAE e uma foto perpendicularmente à vista longitudinal da ponte, ou seja, uma foto longitudinal
d) Vista Lateral Esquerda: Análoga à vista lateral direita.
e) Juntas do Pavimento: As fotografias devem registrar as juntas de dilatação do pavimento, além do encontro da ponte com o aterro de aproximação (encontros tanto no início quanto no fim da ponte).
f) Vista Inferior: As fotografias devem mostrar claramente o sistema estrutural, com ênfase nas interfaces laje-viga-pilar.
g) Articulações: As fotografias devem registrar a presença das articulações, quando existirem.
h) Detalhes de apoio: Devem ser registrados os aparelhos de apoio sobre os pilares. Além disso, deve-se registrar qualquer detalhe relevante para o cadastro da OAE.

A descrição de cada fotografia deve ser realizada no registo fotográfico, que é um documento físico constante no caderno de inspeção. O registro fotográfico também deverá conter as fotos das manifestações patológicas avaliadas, conforme será visto no tópico seguinte.

As Figura 4 e 5 ilustram as vistas inferior e da pista de rolamento de uma OAE.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 4: Registro fotográfico da pista de rolamento.



Figura 5: Registro fotográfico da vista inferior

3.2.4 Cadastramento manifestações patológicas e avaliação de performance

O cadastramento das manifestações patológicas deve ser realizado pelo engenheiro civil responsável pela condução da inspeção, auxiliado pela equipe. Inicialmente, devem ser cadastrados todos os elementos da OAE e, posteriormente, deve ser realizado o cadastro das manifestações patológicas de acordo com o modelo de avaliação denominado 'Modelo EMEA'. Todos os elementos devem ser inspecionados e todas as manifestações devem ser anotadas.

O cadastramento das manifestações patológicas deve ser acompanhado pelo registro fotográfico das manifestações, que deve ter clareza, foco e apresentar detalhes relevantes que possibilitem uma avaliação posterior. Para cada manifestação patológica são recomendadas duas fotografias; uma que contemple o elemento por inteiro ou de forma mais abrangente, junto a manifestação; e outro registro mais próximo, de preferência que permita definir uma escala gradual (objeto para referência de tamanho).

Diferentemente do modelo proposto pelo DNIT 010/2004 PRO, o Modelo EMEA emite uma nota denominada índice de performance, que não possui um intervalo de classificação pré-definido. Quanto menor o índice de performance de uma OAE, é possível afirmar que seu estado de degradação esteja mais evoluído.

O índice de performance da OAE (R) é calculando somando os índices relativos a cada degradação avaliada (V_D). Por sua vez, o valor de cada índice de degradação é definido pela multiplicação de parâmetros (B, K_1, K_2, K_3, K_4 e K_5), conforme a expressão que segue.

$$R = \sum V_D = \sum B_i \times K_{1i} \times K_{2i} \times K_{3i} \times K_{4i} \times K_{5i}$$

VD Valor do dano;
Bi Valor básico associado ao tipo de dano i sobre a segurança e/ou durabilidade;
K1i Fator do elemento estrutural, função de sua importância no contexto da estrutura como um todo;
K2i Fator indicativo da intensidade do tipo de dano i;
K3i Fator relativo à extensão da propagação do tipo de dano i nos elementos inspecionados;
K4i Fator enfatizante da urgência da intervenção para o dano i;
K5i Fator relativo à durabilidade da estrutura, que se relaciona a dados de ensaio, quando realizados.

A avaliação é feita concomitantemente pelo dano e pelo elemento. Por exemplo, uma corrosão com exposição de armadura verificada em uma ou mais vigas deve ser registrada separadamente dessa mesma manifestação verificada em um ou mais pilares, pois conferirá notas diferentes conforme o tipo de elemento, a repetição nos elementos, a intensidade e a urgência de reparo.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

O modelo também compreende uma listagem restrita das manifestações patológicas que podem ser verificadas em campo (levadas pelo inspetor à inspeção). Só para ilustrar, uma avaliação em campo poderia ser realizada da seguinte forma:

Tabela 2 – Exemplo de Cadastramento de manifestações patológicas em uma OAE

Elemento	Manifestação	Dimensão	Reparo	Tamanho do Reparo	Fotografia	Observação
Pilar, P1 e P3	Mancha de Corrosão	3	2	3,00m²	001 e 002	Próximo ao pé do pilar
Viga, VL2	Corrosão com desplacamento	3	3	0,80m²	003	Armadura exposta
Transversina, VTP 4	Mancha de umidade	2	2	1,5m²	004 e 005	
Laje, L1 a L3	Fissura em linha próxima aos apoios	2	2	3,00m²	006, 007 e 008	
Encontro, E1 e E2	Desaprumo	1	1	-	009 e 010	
Pavimento	Buraco	2	3	1,00m²	011	No meio da faixa

Os campos Dimensão e Reparo variam em notas de 1 a 5 e 1 a 4, que correspondem à gravidade da manifestação e à urgência de reparo, respectivamente. Para cada elemento, a cada uma dessas notas corresponde valores de B e K, compondo assim o índice de performance. O campo Tamanho do Reparo permite estabelecer previsões orçamentárias para a recuperação da OAE quanto às manifestações avaliadas, juntamente ao banco de dados de orçamentação acoplado automaticamente ao modelo.

Por fim, obtido o índice de performance, é calculado um valor final, definido por índice relativo. O índice relativo permite levar em consideração a estrutura da ponte, ponderando as avaliações conforme o porte da estrutura. Por sua vez, o porte da estrutura é mensurado por um valor denominado índice base, que leva em consideração os elementos que constituem a obra.

$$I_P = \frac{\sum V_D}{\sum V_{D,ref}}$$

Ip Índice relativo, representação final e corrigida do grau de agravamento da estrutura;
VD,ref Índice base da estrutura, que leva em consideração a complexidade e número de elementos da morfologia;

Só para exemplificar essa correção, duas OAEs de proporção distinta (uma maior e mais complexa, outra menor e mais simples), caso não houvesse esse arranjo, teriam mesma nota final (índice de performance, V_D) se fossem avaliadas com as mesmas manifestações. Entretanto, é palatável a compreensão que a OAE menor sofreria mais o impacto dos danos, diferentemente da OAE maior, em que as agravações se esvaeceriam mais, dissolvendo em parte os impactos, e a nota final, portanto não refletiria essa diferença. Ao definirmos um índice relativo (I_p), ponderado pelo grau da estrutura, permite-se crer que a performance corrigida seria uma avaliação mais aproximada da realidade.

3.3 Pós-inspeção

Os procedimentos a serem realizados após a inspeção correspondem a transferência de todas as informações coletadas em campo durante a inspeção para o formato digital. Os croquis desenhados em campo, por exemplo, devem ser transferidos para o formato CAD.

A partir da inspeção, deve ser gerado um relatório de inspeção. O relatório de inspeção consiste no documento que contém as informações mais relevantes da inspeção e que possa caracterizar a obra. É importante mencionar que as informações conferidas no relatório são as mínimas requeridas pelo DNIT para o cadastro da OAE em seu sistema de gerenciamento e que atendem a todos os requisitos exigíveis para uma inspeção descrita no DNIT 010/2004 PRO. Por sua vez, o escritório possui um software desenvolvido internamente para conversão em formato digital dos dados obtidos em campo e elaboração de um relatório de inspeção de forma automática.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Com todos os documentos reunidos sobre a obra de arte especial, juntamente ao conjunto de todas as obras de arte, um banco de dados de inspeções é formado. O banco de dados é um diretório que contempla os arquivos referentes à inspeção. O diretório contempla fotografias, relatórios, fichas cadastrais, documentos físicos digitalizados, bem como o relatório de inspeção propriamente dito. O software desenvolvido no escritório é capaz de levantar os cadastros de manifestações patológicas e, por sua vez, ranquear as obras conforme os índices de performance, permitindo extrair estatísticas essenciais para melhor compreensão do estado das Obras de Arte Especiais avaliadas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento de um procedimento em campo, dois principais aprimoramentos puderam ser observados. O primeiro deles consiste em sistematizar as conferências preconizadas pela norma do departamento. Em outras palavras, processos que pela norma são ditados, mas não disciplinados, puderam ser padronizados e se tornaram mais claros à equipe.

A definição de uma metodologia operacionalizada permitiu maior automação em campo, além de maior nível de confiabilidade dos dados obtidos. Avaliando o aumento da produtividade da equipe à medida em que o processo era reprogramado e caminhava no sentido de maior padronização, é possível concluir que o esforço desempenhado para o desenvolvimento da metodologia já reverteu.

A segunda contribuição diz respeito ao modelo de ranqueamento proposto pelo escritório, o Modelo EMEA. Esse modelo não só permitiu um ranqueamento mais preciso em critérios quantitativos, como mostrou-se mais abrangente e com maior nível de detalhe na análise em campo e nas anotações, quando comparado à avaliação proposta pelo DNIT 010/2004 PRO. Nesta proposta, a subjetividade da avaliação utilizada para qualificar a obra de arte reduziu.

Por fim, cabe avaliar que toda descrição operacional aqui mencionada foi sintetizada para se adequar a proposta do formato. Naturalmente, a descrição original do processo, definida em manuais internos do escritório, é apresentada em maior nível de detalhe com vistas a não restarem dúvidas nem ponderações pessoais ao papel do inspetor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DNIT. Sistema Nacional de Viação (SNV) de 2014. Disponível em: < http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao >. Acesso em 10 de janeiro de 2015.

[2] MITRE, M. P. *Metodologia para inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto*. 2005. Dissertação (Mestrado) –Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

[3] DNIT. 010/2004 PRO: *Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido* - Procedimento. 1 ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2004. 18 p.

[4] Mitre, M. P. *Metodologia para inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto*. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

[4] LENCIONI, J. W. *Proposta de um manual para inspeção de Pontes de Viadutos de Concreto Armado* - Discussão sobre a influência dos fatores ambientais na degradação das Obras de Arte Especiais. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico Aeronáutica, São Paulo, 2005.

[5] ELBEHAIRY, H. et al. “Integrated Multiple-Element Bridge Management System. Journal of Bridge Engineering”. v. 14, p. 179-187, 2009.

[6] SOUZA, V, C. DE. “Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto”. 1est ed. São Paulo: Editora Pini, 1998. 255p.

[7] FHWA. FHWA LTBP Bridge Performance Primer. Federal Highway Administration. p. 1-8. Fev, 2014. Disponível em: <http://www.fhwa. dot.gov/research/tfhrc/programs/infrastructure/structures/ltbp/pubs.cfm>. Acesso em: 05 maio 2015.

[8] PAVI, S. et al. *O Uso do Laser Scanner Terrestre na Inspeção de Pontes e Viadutos de Concreto: Uma Revisão Bibliográfica*. VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro. 2014.

[9] LENCIONI, J.W. *Proposta de um Manual para Inspeção de Pontes e Viadutos de Concreto Armado – Discussão sobre a Influência dos Fatores Ambientais na Degradação das Obras de Arte Especiais*. Instituto Tecnológico Aeronáutica, São Paulo. 2005. 188p.