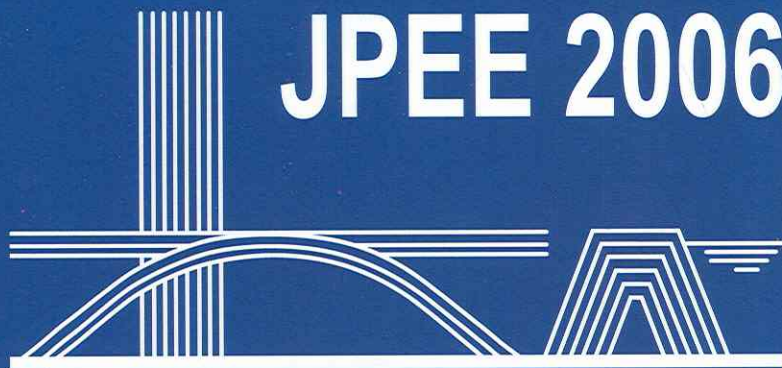


JPEE 2006



4^{as} JORNADAS PORTUGUESAS DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

Lisboa, LNEC, 13 a 16 de Dezembro de 2006

Organizadas por:

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

GPBE – Grupo Português do Betão Estrutural



Colaboração de:

APEE – Associação Portuguesa de Engenharia de Estruturas

CMM – Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista

SPES – Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica

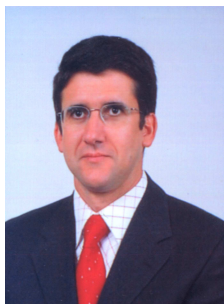


Apoio de:

OE – Ordem dos Engenheiros



LINHAS ORIENTADORAS DE UMA POLÍTICA DE MANUTENÇÃO, CONSERVAÇÃO E INSPECÇÃO DE PONTES



P. J. S. Cruz
Professor Associado com Agregação
Universidade do Minho
Guimarães

SUMÁRIO

A manutenção e conservação de pontes baseiam-se, fundamentalmente, nos resultados obtidos nas actividades de inspecção. Neste trabalho é apresentada uma descrição detalhada das actividades de inspecção e de alguns dos procedimentos que deverão ser seguidos na realização das mesmas, de acordo com um documento recentemente desenvolvido pelo autor a convite da *Estradas de Portugal, E.P.E.* [1].

Palavras-chave: Conservação, inspecção, manutenção, pontes.

1. INTRODUÇÃO

As pontes são obras singulares de uma rede viária. Por isso, retirar uma ponte de serviço ou limitar a sobrecarga máxima admissível pressupõe uma grave perturbação para o transporte rodoviário ou ferroviário, mesmo sem considerar as consequências catastróficas que poderia acarretar um eventual colapso. Estas razões motivaram, na maioria dos países desenvolvidos, o incremento das medidas tendentes à sua conservação.

Os custos estimados de reparação ou substituição são cada vez mais importantes e serão um pesado fardo para as economias das gerações vindouras. Apesar da dimensão do problema, muitas das decisões relacionadas com este tema são, ainda, tomadas tendo por base o dia a dia, sob uma enorme pressão de colocar as estruturas em serviço o mais rapidamente possível e pelo menor custo. Esta situação impede que se realize uma análise a longo prazo e que os escassos recursos disponíveis sejam investidos onde são mais necessários.

A preconização dos trabalhos de conservação deverá, preferencialmente, ser feita de forma individual para cada um dos componentes da ponte, de forma a poder vir a aferir o desempenho dessas partes da estrutura. Deste modo, será possível determinar qual o custo total dos trabalhos de conservação necessários para assegurar um adequado desempenho durante a vida útil de um dado componente.

Na avaliação do estado de conservação em que se encontra um dado componente, deverá ser tida em conta a natureza e extensão de cada uma das anomalias detectadas e o cenário de evolução previsto para cada anomalia. Neste processo de avaliação, é muito importante a compreensão do comportamento estrutural e funcional da ponte, de forma a verificar se as anomalias observadas afectam ou não componentes vitais da mesma. Para o efeito, dever-se-á proceder à prévia consulta do projecto e à verificação da sua conformidade com a obra construída.

Dentro dos programas de conservação de pontes, as inspecções assumem uma importância crucial, já que permitem obter os dados necessários para conhecer, em cada momento, o seu estado funcional, resistente e inclusivamente estético.

O reconhecimento da importância deste tema tem um longo historial no nosso país. Efectivamente, já o primeiro regulamento português para “projectos, provas e vigilância de pontes metálicas”, de 1897, dedicava uma percentagem significativa do seu conteúdo à gestão, conservação, inspecção e provas de carga [2]. Durante o século XX foi-se progressivamente incorporando os aspectos de cálculo, desaparecendo gradualmente os referentes à utilização e conservação das pontes existentes.

A redacção deste artigo coincide com o crescente desenvolvimento em Portugal de uma preocupação de conservação e manutenção das pontes, impulsionada por diversos factores, entre os quais se destacam: o aumento significativo do número de pontes; o considerável envelhecimento do parque de pontes; a ausência, até agora, de uma efectiva política de conservação e a ocorrência de alguns acidentes graves. A necessidade de elaboração de um documento orientador deste sector assume especial importância pelo facto de se prever que no futuro próximo haverá um número significativo de profissionais de Engenharia Civil a desempenhar este tipo de actividades.

2. NOMENCLATURA

Neste contexto entende-se como ponte uma estrutura constituída por qualquer tipo de material, que se encontre inserida numa rede viária e que apresente um vão livre superior a 2 m. Do ponto de vista da inspecção consideram-se parte integrante duma ponte as estruturas ou elementos contíguos, tais como muros de contenção de terras, lajes de transição, taludes e vias de acesso (na zona próxima da ponte e que possam ter influência sobre esta) e nas quais poderiam produzir-se danos que afectassem a integridade da ponte.

Nesta secção é apresentado o significado de alguns termos que constituem o léxico básico desta temática:

- Componentes - Diferentes partes que constituem uma ponte, como por exemplo: tabuleiro; apoios intermédios; encontros; aparelhos de apoio; juntas de dilatação; muros de ala; taludes; cornijas; drenagem; guarda corpos; guardas de segurança; passeios e revestimento da via.
- Elementos - Partes em que se podem subdividir os componentes de uma ponte. A título de exemplo, referem-se os seguintes: fundação dos encontros, dos apoios intermédios e dos muros; impermeabilização do tabuleiro e de muros; barreiras sonoras; iluminação; pórticos de sinalização e sinalização de tráfego.
- Tipos - Identificam as características específicas dos elementos. A título de exemplo, referem-se os seguintes: laje de fundo, laje nervurada, laje pré-fabricada e laje vigada; fundação directa por sapatas, fundação indirecta por estacas e fundação semi-directa por poços ou pegões; muros de ala, muros de avenida e muros de contenção.
- Inventário - Registo organizado e sistemático das características da ponte, subdividindo a estrutura em subpartes (componentes, elementos e tipos), conferindo a conformidade da obra construída com as telas finais, em cada etapa de vida da obra.
- Inspeção de rotina - Inspeção com uma periodicidade máxima de quinze meses, que visa aferir o estado de manutenção de cada um dos componentes da ponte e definir os trabalhos e estimar custos de manutenção necessários.
- Inspeção principal - Inspeção com uma periodicidade máxima de cerca de cinco anos que visa aferir o estado de conservação e manutenção de cada um dos componentes da obra e definir os trabalhos de reparação/ conservação a realizar.
- Inspeção especial - Inspeção que se realiza sempre que houver necessidade de proceder a uma avaliação mais aprofundada de determinadas anomalias já detectadas, ou de utilizar meios ou equipamentos específicos.
- Inspeção de danos - Inspeção extraordinária, não calendarizada, destinada a avaliar os danos estruturais, em determinados componentes da ponte, resultantes de causas ambientais ou acidentais.
- Inspeção subaquática - Inspeção de carácter especial que visa avaliar o estado de conservação dos elementos submersos e as características da zona envolvente.
- Inspector - Técnico com habilitações e experiência adequadas para a realização das actividades de inspeção.
- Trabalhos de manutenção - Trabalhos que visam manter em adequadas condições os elementos funcionais (impermeabilização, drenagem, guardas de segurança e parapeitos, sinalização, iluminação, integridade funcional de juntas de dilatação etc.) e que visam rectificar pequenas anomalias e manter em adequado estado de manutenção os elementos estruturais, condição essencial para a garantia de bom estado de conservação da ponte.
- Trabalhos de reparação/conservação - Trabalhos adoptados com o objectivo de prolongar a vida útil da ponte, visando a sua reabilitação, reforço ou beneficiação que, pela sua natureza, extensão e especificidade necessitam da intervenção de equipamento especial, requerem agentes e pessoal qualificados e exigem a utilização de técnicas especializadas.

- Trabalhos de beneficiação - Trabalhos de ampliação ou melhoria da obra, adoptados quando as características da mesma não permitem dar a resposta desejada face às exigências de exploração do tráfego.
- Estado de conservação - Traduz as condições de desgaste, deterioração, funcionamento, etc., relacionadas com a adequabilidade do desempenho da ponte relativamente ao nível de exploração requerida para a via na qual a mesma se insere. Deverá ser reportado a uma escala objectiva.
- Estado de manutenção - Traduz a apreciação qualitativa das condições de desempenho funcional de equipamentos e outros elementos relevantes da ponte tendo em vista a funcionalidade e durabilidade desta e nível de conforto e de segurança viária para os utilizadores.
- Sistema de gestão - Sistema integrado de apoio à organização e decisão dos técnicos responsáveis pela gestão, manutenção e conservação da rede viária, com recurso a ferramentas informáticas. Estes sistemas incluem, em geral, a informação recolhida nas inspecções, a síntese dos trabalhos de manutenção e de reparação/conservação efectuados, a estimativa dos custos e das implicações das intervenções necessárias, modelos de degradação que consigam prever a situação futura, ponderando e optimizando diferentes cenários de intervenção, e todos os procedimentos normalizados que regem as diversas tarefas.

3. INSPECÇÕES

3.1. Níveis de qualificação dos técnicos

Neste artigo descreve-se, sucintamente, os diversos tipos de inspecções: inventários; inspecções de rotina; inspecções principais; inspecções de danos; inspecções especiais e inspecções subaquáticas. A definição detalhada dos procedimentos que deverão ser seguidos na realização destas inspecções, ou dos equipamentos que deverão ser adoptados, estão para além do âmbito deste trabalho. No entanto, a título de recomendação, refere-se o seguinte:

- Os inspectores deverão ter presente todas as definições indicadas nos manuais reconhecidos pela entidade que tutele a obra em questão;
- Para minimizar o risco de acidentes durante as inspecções, os inspectores deverão observar todas as medidas de segurança indicadas nos manuais e planos de segurança;
- Para assegurar a inventariação de todos os elementos deverá ser previamente fixada a lista e ordem de levantamento de dados que os inspectores irão seguir.

Embora não seja do âmbito deste trabalho definir os critérios que deverão nortear a elaboração de manuais de inspecção, refere-se, no entanto, que estes deverão incluir uma descrição detalhada das diversas anomalias, referindo as respectivas causas e as consequências que poderão advir da sua existência.

As inspecções devem ser realizadas por profissionais competentes e experientes para garantir uma elevada qualidade das avaliações realizadas. Somente desta forma se poderá minimizar o

risco de acidentes causados pela deficiente interpretação das anomalias observadas e otimizar a relação custo/benefício. Nesta óptica, recomenda-se que existam pelo menos quatro níveis de qualificação dos inspectores, com os domínios do conhecimento e perícia que a seguir se definem:

- Técnico auxiliar: Deverá ser um técnico com formação básica no domínio da Gestão das Pontes, que apoia as actividades de campo dos restantes níveis de inspectores e, no último estágio de formação, estará habilitado a realizar inventários e inspecções de rotina.
- Inspector júnior: Deverá ser um licenciado em Engenharia Civil com menos de um ano de experiência. Neste nível, não poderá ser responsável por inspecções, pelo que acompanhará inspectores mais qualificados no desenvolvimento destas actividades.
- Inspector: Deverá ser um Engenheiro Civil certificado na função, após aprovação em provas a que será submetido, no final do período de formação de inspector júnior, e que terá menos de cinco anos de experiência. Estará habilitado a realizar inventários, inspecções de rotina e principais. No entanto, nos primeiros anos de actividade, deverá limitar-se a inspeccionar tipologias de obras relativamente simples, podendo aumentar a complexidade à medida que o seu grau de especialização e de conhecimento progridem.
- Inspector sénior: Deverá ser um Engenheiro Civil, com mais de cinco anos de experiência, com vasto conhecimento dos vários temas ligados à inspecção, manutenção e conservação de pontes, habilitado para coordenar equipas de inspectores e realizar inspecções de qualquer tipologia de obra, nomeadamente as inspecções especiais.

3.2. Inventários

Como referido anteriormente, o inventário de uma ponte é o registo, de uma forma sistemática e organizada, das características dessa obra que possam servir de base ou interessar à sua manutenção e conservação.

Constitui o primeiro passo para a futura realização de todas as actividades de gestão de pontes. Deve, por isso, constituir a primeira actividade na implementação de um sistema de gestão de pontes. Deve ser efectuado para todas as pontes integradas no sistema e para aquelas que entretanto tenham sido objecto de alterações. Deve preceder a quaisquer outros trabalhos de inspecção, manutenção ou conservação.

Antes de se proceder à realização do Inventário de um parque de pontes, deve ser acordado com o dono de obra, ou a respectiva entidade administrativa, qual a informação que este pretende ter disponível para consulta e classificação, uniformizando os critérios de localização, identificação e divisão por componentes das diferentes obras, facilitando, assim, todo o futuro processo de gestão.

Consiste, essencialmente, na localização, identificação e descrição da ponte, de acordo com critérios preestabelecidos, de forma a obter uma base documentada que permita, com eficiência, efectuar todos os procedimentos posteriores de gestão das pontes. Assim, o seu

conteúdo deve ser estabelecido tendo em conta as características das pontes que são necessárias conhecer para permitir, ou facilitar, a aplicação desses procedimentos.

Embora a informação necessária possa variar com a ponte, esta deve ser uniformizada o mais possível. Pretende-se, também, que seja suficientemente detalhada de forma a evitar situações futuras de dúvida sobre determinadas características da obra.

O inventário, é, em geral, organizado em três partes: dados administrativos; dados técnicos e dados de constituição.

Com os dados administrativos regista-se toda a informação disponível que permita localizar e identificar inequivocamente a ponte. Para a localização da obra será fundamental registar, pelo menos, o nome da via em que esta se insere e o respectivo ponto quilométrico. Para a identificação, deve-se, entre outros, registar o tipo de obra e o seu nome e atribuir-lhe uma numeração ou matrícula.

Outro parâmetro a registar será a localização geográfica de cada ponte, sendo corrente optar-se pela geo-referenciação através de GPS, no ponto de intersecção da via principal com a via intersectada. O registo das coordenadas geográficas assim obtidas permite a sobreposição do parque de pontes com as cartas e mapas da área em que as obras se localizam. Os sistemas de gestão de pontes têm geralmente disponível um módulo para o efeito.

Estas informações devem ser complementadas com a indicação das entidades intervenientes na sua fase de projecto e construção, cujo conhecimento poderá ser necessário para recolha de outros tipos de dados.

Nos dados técnicos devem ser registados a solução estrutural (tipo de estrutura, número de vãos, etc.), as dimensões gerais (comprimento, largura, gabarits), a caracterização da via sobre a ponte e do respectivo tráfego e alguns dados sobre o meio em que se insere a obra (zona sísmica, agressividade ambiental, etc.).

Em alguns equipamentos (juntas de dilatação, aparelhos de apoio, dispositivos anti-sísmicos, etc.), deverão ser registadas a marca e o modelo, já que esses dados são relevantes para a sua manutenção e conservação. Sempre que possível, mas obrigatoriamente em obras novas, dever-se-á arquivar os certificados de qualidade e os manuais de manutenção desses equipamentos.

Em relação aos dados de constituição, estes pretendem descrever e quantificar os materiais/equipamentos, utilizados nas diversas partes da ponte. Em geral, as pontes são divididas em várias componentes de constituição das partes físicas distintas da ponte e que se distinguem pela função que desempenham. Assim, deve-se identificar os componentes que constituem a ponte escolhidos. Posteriormente, para cada componente, deverá ser feito o registo de todos os materiais/equipamentos que o constituem, bem como das respectivas quantidades.

Estes dados podem ser obtidos através da consulta do projecto de execução ou, no caso deste não existir ou ser omissos, através da sua recolha directamente em campo, segundo métodos preestabelecidos. Em situações de dúvida, as quais podem surgir durante o Inventário ou em fases posteriores, a confirmação deverá ser sempre feita na obra e, no caso de haver divergências devem ser feitas as devidas correcções e actualizado o Inventário.

3.3. Inspeções de rotina

Conforme já referido, as inspeções de rotina têm uma periodicidade de cerca de quinze meses. O intuito destas inspeções é avaliar o estado de manutenção das pontes, o qual traduz a boa ou má execução regular dos trabalhos de manutenção.

O inspector avaliará a qualidade dos trabalhos de manutenção anteriormente realizados, bem como a necessidade de se realizarem trabalhos complementares. Estes trabalhos de manutenção distinguem-se dos de reparação/conservação pela sua natureza, extensão e especificidade técnica, pelo que podem ser efectuados por pessoal menos especializado e sem o recurso a equipamentos especiais.

Estes trabalhos, nos sistemas de gestão de pontes, encontram-se, geralmente, tipificados e associados a custos unitários. Esta organização permite ter um caderno de encargos relativo aos diversos trabalhos de manutenção, sendo os mapas de quantidades fornecidos pelo Sistema com base nos relatórios das inspeções de rotina.

Estas inspeções distinguem-se das inspeções principais por não ser feita a avaliação das anomalias mais graves cuja rectificação terá de passar pela execução de trabalhos de reparação/conservação ou pela elaboração de projectos de reabilitação.

Contudo, se durante uma inspeção de rotina, forem detectadas outras patologias, não referidas na última inspeção principal ou que tenham surgido posteriormente à data da sua realização, que possam comprometer a durabilidade e segurança da estrutura a curto prazo, estas devem ser registadas e comunicadas ao inspector responsável pela Inspeção Principal por forma a que este, em consonância com o dono de obra, considere a necessidade ou não de se fazer uma nova inspeção principal.

O intervalo estabelecido para as inspeções de rotina deve em determinadas circunstâncias, ser avaliado e, se necessário, ajustado, depois de cada inspeção.

3.4. Inspeções principais

Conforme já referido, a inspeção principal consiste em observar e registar as condições de funcionamento de uma ponte. Neste registo ficam identificadas as anomalias mais graves que comprometem o bom desempenho dos diversos componentes da ponte, quer a nível de durabilidade quer ao nível da segurança. Este tipo de inspeções tem geralmente uma

periodicidade de 5 anos, podendo, no entanto, em casos particulares ser inferior para ter em conta as características de uma determinada obra.

Na realização destas inspecções é de especial importância que o registo dos dados seja feito de uma forma organizada e com base em procedimentos bem definidos, para evitar ambiguidades entre os diversos inspectores.

A qualificação de um dano ou anomalia é feita pelo inspector tendo em conta a sua localização, a importância do componente na estrutura, a importância da obra, a evolução prevista da anomalia e a possibilidade ou não de esta introduzir perturbações no tráfego, etc.

Tendo presente que este tipo de avaliação assenta na experiência e qualificação técnica do inspector, os sistemas de gestão de pontes incluem um manual de anomalias onde são apresentadas as deficiências detectadas pelas várias equipas de inspecção ao longo dos anos. Nesse manual as anomalias são apresentadas por tipo de obra, sendo para cada uma delas descrito o seu aspecto, a sua localização, as suas causas prováveis, a evolução esperada e os trabalhos de reparação que poderão ser úteis para a reparação dos componentes afectados. Desta forma, com base no conhecimento das diversas anomalias e com base nos critérios de classificação predefinidos, é possível uniformizar a avaliação por parte dos diversos inspectores.

A médio e longo prazo os danos menores, associados a um deficiente estado de manutenção, podem comprometer a durabilidade dos materiais e equipamentos e, por conseguinte, condicionar a longevidade da própria estrutura. Estes correspondem a situações sobre as quais se pode actuar facilmente, de forma a melhorar o estado de funcionamento dos vários componentes da ponte, estando portanto, directamente relacionados com trabalhos de manutenção.

Os danos mais importantes correspondem, geralmente, a um estado mais avançado de degradação (estado de conservação) dos materiais/equipamentos, sendo em parte resultantes da má concepção ou da deficiente execução dos componentes da ponte. São situações que podem comprometer a curto ou médio prazo a segurança estrutural e/ou do tráfego, ou ter uma evolução que origine custos de reparação demasiado elevados evitáveis.

Durante a inspecção principal deve-se fazer o registo completo, por componente, de todos os danos visíveis ou situações de funcionamento inadequado. Deve-se descrever e localizar o dano e indicar a sua causa, se for conhecida.

É, ainda, do âmbito deste tipo de inspecção a sugestão de trabalhos de reparação que visem rectificar as anomalias encontradas de forma a conferir aos componentes afectados o estado de conservação previsto em projecto. Geralmente, às situações de mau desempenho de um componente estão associados trabalhos de reparação/conservação e/ou de manutenção.

É, portanto, muito importante identificar as anomalias, conhecer as causas, prever a sua evolução, conhecer os tipos e métodos de reparação e estimar os custos. Em caso de incerteza em relação à causa, extensão ou gravidade da anomalia deve-se solicitar a

realização de uma inspecção especial, por forma a efectuar análises técnicas específicas que permitam avaliar com segurança o real estado do componente e propor o trabalho mais aconselhável para a sua correcção. Em situações de má concepção/execução os custos de reparação dos materiais/equipamentos podem exceder os de substituição do respectivo componente.

Os trabalhos de reparação/conservação são geralmente tipificados nos sistemas de gestão de pontes com custos unitários e têm associado um caderno de encargos, onde são, usualmente, descritos todos os procedimentos para a correcta execução dos trabalhos.

Convém, ainda, salientar que a cada trabalho de reparação está associado um instante óptimo de reparação, que é definido tendo em conta a consideração conjugada de diversos factores, avaliados com recurso a ferramentas de decisão apropriadas.

Finalmente, é necessário, qualificar e quantificar, por componente, o estado de manutenção e o estado de conservação. Este último, como já atrás referido, pretende traduzir o estado de deterioração, desgaste, má execução, má concepção, danificação, etc., entendendo-se que o estado de conservação óptimo corresponde a componentes acabados de construir, com boas condições de concepção e execução, enquanto que o pior estado de conservação corresponde a situações que podem pôr em risco a segurança estrutural e/ou do tráfego.

Os resultados das inspecções principais, sob a forma de relatório, serão uma base técnico/económica importante para planear as actividades de gestão das pontes, individualmente ou no seu conjunto. Estes dados permitirão calendarizar as actividades para o momento mais oportuno. Fornecerão ao dono de obra uma base para fazer um orçamento preliminar dos trabalhos de reparação a realizar num período de cinco anos e para ordenar a lista das pontes que requerem intervenção, de acordo com as prioridades estabelecidas pelo dono de obra. Os relatórios poderão, ainda, ser utilizados para a elaboração de estudos estatísticos e outros tipos de análise que interessem às boas práticas de gestão do parque de pontes.

Salienta-se, pois, que os procedimentos e as conclusões das inspecções principais devem ser integral e cuidadosamente documentados com fotografias, filmes ou outros elementos gráficos, apropriados e um relatório escrito. Este deverá incluir eventuais recomendações para a conservação ou reabilitação da ponte e uma calendarização de posteriores inspecções principais, ou a conveniência da realização de uma inspecção especial. Neste registo, deverão ser identificadas as anomalias mais graves que comprometam o bom desempenho dos diversos componentes da ponte, quer a nível de durabilidade quer de segurança.

3.5. Inspeções de danos (extraordinárias ou de acidente)

As inspecções de danos destinam-se a avaliar os danos estruturais resultantes de causas ambientais ou acidentais em determinados componentes afectados. Estas inspecções têm as mesmas características das inspecções principais. O alcance desta inspecção, deve permitir

determinar a necessidade de intervenções de emergência, tais como: a introdução de restrições à carga ou o encerramento da ponte ao tráfego.

Qualquer estrutura que tenha sido sujeita a um sismo ou uma cheia de grandes proporções, ou outro acidente potencialmente danificador deve ser imediatamente objecto de uma inspecção principal extraordinária.

3.6. Inspeções especiais

Este tipo de inspecção não tem carácter sistemático ou periódico, porque não responde a uma estratégia estudada com antecedência. Em geral, a inspecção especial é proposta, no seguimento de uma inspecção principal e, mais raramente, de uma Inspeção de Rotina, quando é verificada uma anomalia cuja causa, extensão ou gravidade se desconhece, ou se conhece com algum grau de incerteza, mas cuja avaliação se considera fundamental para garantir a segurança e/ou durabilidade da estrutura. Poderá ser necessário conhecer o grau de deterioração dos materiais, identificar a sua causa, avaliar o impacte que a anomalia tem, em termos de resistência e de desempenho de determinados componentes, prever a sua evolução, etc.

Os objectivos de uma inspecção especial podem ser múltiplos e dependem do que for solicitado. Pretende-se conhecer com rigor o estado de conservação dos componentes de uma ponte, de forma a propor, com uma base sólida, os trabalhos, ou o projecto de reparação, mais adequados.

No âmbito da inspecção especial poderão ser realizados, entre outros, os seguintes trabalhos:

- Ensaios de carga;
- Recolha de amostras para realização de ensaios químicos e físicos sobre os materiais;
- Medição geométrica de deformações e oscilações;
- Avaliação da camada de recobrimento e do grau de corrosão das armaduras;
- Trabalhos de monitorização (nivelamento, medição de tensões em tirantes e cabos).

Dados os elevados custos envolvidos neste tipo de inspecção, é indispensável uma escolha racional do(s) teste(s) a realizar e equipamentos a utilizar. Em cada caso, os ensaios e equipamentos escolhidos devem ser os mais indicados, por forma a que a inspecção especial seja conclusiva, em relação ao que se pretende analisar. A sua escolha deverá ser feita com conhecimento e aprovação do dono de obra.

Tendo por base os resultados obtidos neste tipo de inspecção, deverá ser definida uma estratégia de reparação ou acompanhamento da obra, que poderá passar pela execução de um projecto de reabilitação ou pela monitorização das anomalias e do comportamento estrutural.

3.6.1. Tipo de ensaios

O tipo e número de ensaios deve ser definido em função dos resultados pretendidos, a precisão exigida, a extensão da estrutura, as condicionantes de tempo e a verba disponível, podendo a sua aplicação ser generalizada ou restrita a alguns elementos da estrutura.

3.6.1.1. Ensaio não destrutivo

Os principais objectivos dos ensaios não destrutivos são: a comprovação de dimensões (espessuras, recobrimentos, etc.); a localização e a caracterização de defeitos e de fenómenos de degradação (fendas, vazios, corrosão, carbonatação, teor de cloretos, etc.); a avaliação das propriedades mecânicas dos materiais (rigidez, resistência, etc.). A título de exemplo, refere-se alguns dos métodos mais correntes: esclerómetro, fenolftaleína, potencial de corrosão, magnetómetro, ultra-sons; radiografias; radar; emissão acústica; etc. Na interpretação dos resultados, o carácter indirecto e o erro expectável em alguns destes ensaios devem ser tidos em conta.

3.6.1.2. Ensaio destrutivo

A extracção de provetes para a realização de ensaios de caracterização mecânica é uma prática frequente quando se pretenda conhecer as características dos materiais. Convém, no entanto, estar alertado para o facto de que, apesar da aparente simplicidade da extracção dos provetes, os resultados dos ensaios estão fortemente condicionados, por exemplo no caso das carotes de betão, pelo diâmetro das carotes, pela orientação (na vertical ou horizontal) e pela posição (na parte superior ou inferior do elemento) em que foram extraídas, pelo facto de conterem troços de armadura, etc., pelo que esses factores deverão ser tidos explicitamente em conta na interpretação dos resultados.

3.6.1.3. Provas de carga

3.6.1.3.1. Provas de carga estáticas

As provas de carga estáticas têm por finalidade comprovar que, para condições de carga representativas das acções a que vai estar submetida, durante a sua vida útil, o comportamento da estrutura ajusta-se às previsões de projecto.

A preparação de uma prova de carga estática deverá incluir um estudo prévio e pormenorizado, que permita prever o comportamento da estrutura. Após a prova de carga, deverá ser efectuada uma nova inspecção à estrutura.

Cada posição de carregamento deve ser estudada para que o valor máximo dos momentos flectores não ultrapasse cerca de 70% dos momentos flectores previstos no projecto para as sobrecargas regulamentares. A entrada e retirada dos camiões deve ser sequencial.

As medições a efectuar (que poderão incluir cargas, tensões, deformações e deslocamentos) deverão ser realizadas em posição e quantidade suficiente para permitir a correcta avaliação do comportamento da obra. O número de pontos de medida, em cada secção, será função da largura do tabuleiro e do tipo estrutural. Especial atenção deve ser dedicada à análise da grandeza das deformações e deslocamentos residuais.

3.6.1.3.2. Provas de carga dinâmicas

Permitem determinar certos parâmetros que identificam as características intrínsecas da estrutura (frequências de vibração, coeficiente de amortecimento, etc.), a sua resposta a uma excitação externa (acelerações e coeficiente de amplificação dinâmica, entre outros) e detectar anomalias de carácter funcional (movimentos imprevistos nos aparelhos de apoio, incomodidade de utilização por deformabilidade / vibrações excessivas).

A instrumentação utilizada deverá possibilitar a obtenção de registos de sinais que permitam o seu estudo mediante um programa de cálculo automático adequado. A duração dos registos deverá ser suficiente para reflectir, sem interrupção, as condições iniciais, o desenvolvimento do ensaio e a zona de amortecimento final.

3.7. Inspeções subaquáticas

As inspeções subaquáticas deverão ser realizadas com o intervalo máximo de cinco anos. Outra periodicidade de menor intervalo poderá ser definida em face do estado de conservação da obra ou da ocorrência de situações excepcionais indiciando alterações geométricas ou estruturais detectadas noutra tipo de inspecção. São inspeções com custos significativos, devendo ser cuidadosa a selecção de obras a serem submetidas a este tipo de inspecção.

Em obras que necessitem uma vigilância especial, pode fixar-se uma periodicidade inferior, como por exemplo nos seguintes casos:

- Fundações muito expostas à acção do escoamento (velocidade elevada, erosões significativas, etc.);
- Alterações significativas do leito do rio (naturais ou devidas a intervenções humanas) em resultado de modificações das condições hidráulicas do curso de água;
- Existência de obras na zona de influência da ponte, que fazem temer uma evolução desfavorável para a estabilidade dos apoios;
- Construção de barragens a montante da ponte.

Pontes com um ou mais dos factores de risco anteriormente referidos devem ser agrupadas num inventário especial, que deve incluir as seguintes informações mínimas:

- Tipo e localização da ponte;
- Tipo e frequência recomendado para as inspeções;
- Localização dos elementos a serem inspeccionados;
- Procedimentos a adoptar nas inspeções;

- Datas e informações das inspecções anteriores;
- Cautelas recomendadas e medidas adoptadas após a última inspecção;
- Equipamentos especiais necessários;
- Dados geométricos e geotécnicos da mesoestrutura e infraestrutura;
- Máxima profundidade e velocidade da água (se forem conhecidas).

As inspecções subaquáticas devem ser efectuadas com o rigor e o profissionalismo necessários para que, após a sua concretização, nenhuma dúvida possa ser levantada sobre as reais condições dos elementos imersos ou imersíveis. Em princípio, será conveniente, por razões de economia, que as inspecções subaquáticas sejam realizadas em época de estiagem.

Sempre que os elementos estruturais de uma ponte, mesoestrutura e infraestrutura, fiquem permanentemente submersos, devem ser previstas inspecções subaquáticas.

As inspecções subaquáticas, devido às características de natureza pluridisciplinar, envolvendo a análise estrutural, hidráulica, geotécnica e geológica, devem ser planeadas, programadas, supervisionadas e interpretadas por Engenheiros com experiência e competência comprovadas no domínio das pontes e estruturas especiais.

Vários factores influenciam o critério de selecção das pontes, que devem ser submetidas a inspecções subaquáticas, bem como a frequência dessas inspecções. Para pontes, supostamente, em bom estado e situadas em ambientes não particularmente agressivos, o intervalo máximo entre inspecções deve ser de cinco anos. Alguns dos factores a considerar na fixação dos intervalos das inspecções subaquáticas e os níveis em que estas inspecções devem ser conduzidas são:

- Idade da ponte;
- Tipo de material;
- Sistema estrutural global e da infra-estrutura;
- Construções próximas, tais como barragens, diques e marinas, que podem alterar o regime de escoamento;
- Probabilidade de erosões no leito das linhas de água ou albufeiras;
- Ambiente agressivo, tal como águas marinhas ou poluídas;
- Eventuais danos provocados por embarcações ou matérias flutuantes.

As inspecções subaquáticas devem realizar-se com particular preparação e cuidado, considerando que o estado aparentemente normal da obra pode ocultar certas falhas. Esta preocupação deve ser acentuada no caso de: fundações directas em leitos aluvionares, rodeadas de protecções de enrocamento; em fundações indirectas com estacas não assentes no *bed-rock*, em que o processo erosivo pode provocar a redução da capacidade de carga; ou sempre que se duvidar da existência de estacas ou não se conhecer o tipo de fundação.

Recomenda-se não dissociar a inspecção das fundações submersas da do resto da ponte, já que os danos na estrutura são por vezes imputáveis a anomalias na sua fundação. A existência destas anomalias poderá, eventualmente, ser detectada através dos danos que aparecem na estrutura (caso de assentamentos e deslocamentos). Por esta razão, é necessário que as equipas responsáveis pela observação das fundações tenham conhecimento prévio dos relatórios das inspecções realizadas para o resto da obra e vice-versa.

Em determinadas situações, como por exemplo as pontes situadas em albufeiras ou em rios com caudais de cheia elevados, deve ser encarada a possibilidade de instalação nos pilares ou encontros de dispositivos que permitam controlar a evolução do comportamento e, em particular, das erosões generalizadas e localizadas do leito, aferir o potencial de erosão e a definição atempada de medidas para a sua mitigação.

3.7.1. Níveis de inspeções subaquáticas

Os níveis das inspeções subaquáticas reconhecidos internacionalmente obedecem aos seguintes três padrões:

- Nível I: Inspeção visual e táctil;
- Nível II: Inspeção detalhada, com limpeza parcial;
- Nível III: Inspeção altamente detalhada, com testes não-destrutivos.

A inspeção subaquática de Nível I deve abranger de modo superficial, mas bastante detalhado para detectar qualquer descontinuidade significativa e qualquer deterioração pronunciada, toda a mesoestrutura e infra-estrutura e o leito do rio nas proximidades. Todos os elementos a inspecionar deverão estar ao alcance do braço e apenas uma eventual, superficial e reduzida limpeza poderá ser necessária.

Os dados recolhidos nesta inspeção, visual e táctil, devem, além de fornecer uma visão geral da infra-estrutura, confirmar ou não a concordância das peças escritas e desenhadas com o observado, quer do ponto de vista geométrico quer do ponto de vista de integridade estrutural. Também poderão indicar a necessidade de uma nova inspeção de nível superior.

A inspeção subaquática de Nível II é uma inspeção detalhada e parcial que, por amostragem, procura detectar e identificar anomalias que possam estar encobertas por seres, vegetais ou animais, da vida aquática ou outros. Para isso, é necessário efectuar uma limpeza cuidadosa das superfícies a serem examinadas. Como a limpeza submersa é difícil e demorada, ela deverá ficar limitada estritamente aos objectivos definidos para a inspeção. Normalmente uma inspeção de nível II é realizada em pelo menos 10% dos elementos submersos. Geralmente, é plenamente satisfatória a limpeza das áreas críticas, que são: as próximas ao nível mínimo das águas, as próximas ao fundo, as que ficam à meia altura entre estes níveis. Outras áreas por razões de natureza estrutural poderão ser definidas pela entidade responsável pela coordenação, planeamento e supervisão geral da inspeção subaquática.

Os elementos estruturais devem ser limpos em bandas horizontais, com aproximadamente 30 cm de altura, pelo menos nas seguintes localizações:

- Elementos rectangulares: a limpeza deve incluir, pelo menos, três lados;
- Elementos octogonais: pelo menos, seis lados;
- Elementos circulares: pelo menos, três quartos do perímetro;
- Elementos "H": pelo menos, as faces externas dos banzos e um dos lados da alma.

Em grandes superfícies, tais como paredes, pilares e encontros, a limpeza deve abranger três ou mais níveis de áreas de 30x30 cm², em cada face do elemento. Áreas com

descontinuidades devem ser examinadas e medidas e a gravidade das anomalias deve ser registada.

A inspecção de Nível III é uma inspecção minuciosa de uma estrutura ou de um elemento estrutural em estado crítico e relativamente ao qual está previsto que seja realizada uma extensa reparação ou mesmo a sua substituição. O objectivo deste tipo de inspecção é a detecção de anomalias que podem não ser visíveis, de danos interiores ou de perda de secção transversal. Esta inspecção abrange uma extensa limpeza, medições detalhadas, a escolha de testes não destrutivos e pouco intrusivos e técnicas parcialmente destrutivas, tais como ultrassom e extracção de carotes ou provetes.

Normalmente o uso de técnicas de teste é limitado às áreas mais sensíveis da estrutura, áreas onde se suspeita de alguma anomalia e a áreas que podem ser representativas de todo o elemento da estrutura em questão.

Os pontos críticos detectados deverão ser cuidadosamente referenciados, de forma a permitir o regresso dos mergulhadores ao mesmo local para posterior avaliação. Os resultados dessas inspecções devem ser descritos em relatórios detalhados, que incluam fotografias ou vídeos subaquáticos.

3.7.2. Habilitações requeridas para a realização das inspecções subaquáticas e mergulho

O mergulho deve ser sempre acompanhado à superfície, por um inspector sénior, de acordo com os requisitos definidos na secção 3.1, e que analisa as imagens transmitidas pelo mergulhador supervisor e que pode comunicar com este por áudio, devendo anexar-se ao relatório da inspecção o registo dessas comunicações e das imagens.

A actividade de mergulho deve ser realizada por equipas de mergulhadores profissionais, supervisionadas por um mergulhador de 1^a classe ou por um mergulhador-chefe, este último sem limitação de profundidade [3]. Os mergulhadores que desempenhem as funções de supervisores deverão possuir experiência de mergulho em águas de corrente e turvação intensas, bem como conhecimentos sobre fundações de pontes, comprovados pela aprovação no exame de técnico auxiliar ou de nível superior.

4. REFERÊNCIAS

- [1] Cruz, P.J.S. – *Linhas orientadoras de uma política de manutenção, conservação e inspecção de obras de arte rodoviárias*, Universidade do Minho, Guimarães, 2005, 24 p.
- [2] Ministério das Obras Publicas – *Regulamento para projectos, provas e vigilância das pontes metálicas*, Commercio e Industria, Imprensa Nacional, 1897, 21 p.
- [3] Diário da República - I Série - A – *Regulamento do mergulho profissional*, Ministério da Defesa Nacional, Decreto Lei N.º 12/94 de 15 de Janeiro, 1994, 12 p.

