

Pontes em arco de alvenaria de pedra. Um contributo para a sua conservação

José Filinto Castro Trigo

Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Departamento de Engenharia Civil, Porto

Carla Silva Mata

Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto

Gilda Filipe de Sousa

Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto

Filipe Oliveira Ramos

Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto

RESUMO: Apresenta-se uma experiência de ensino, desenvolvida com base em casos de estudo de pontes históricas em arco de alvenaria de pedra, localizadas sobre o rio Este. Descreve-se uma metodologia própria de recolha e arquivo da informação relativa às obras de arte e de avaliação do seu estado de conservação. Apresentam-se alguns resultados de expeditas avaliações de segurança destas estruturas.

1 INTRODUÇÃO

As pontes em arco de alvenaria foram ocupando o nosso território, ao longo dos séculos, garantindo a continuidade de vias de comunicação, interligando diferentes povoações.

Construídas com geometrias e materiais diversos, muitas destas obras de arte perduraram até aos nossos dias, sobrevivendo a acontecimentos históricos, a acidentes naturais, a alterações ambientais e antrópicas e às intensas modificações que sofreram, ao longo do tempo, as suas condições de utilização. As suas peculiares características resistentes permitiram que, volvidos séculos, para algumas, e milénios, para um reduzido número, ainda hoje se encontrem em serviço.

O parque nacional de pontes em arco de alvenaria é elevado e a sua importância é incontestável, não apenas pelo facto de a maioria continuar ainda a servir as respectivas vias de comunicação mas também porque este conjunto de obras de arte constitui um relevante património a preservar.

A longevidade destas estruturas que deveria ser, aparentemente, razão para sobre elas voltar a atenção das entidades responsáveis, justifica, paradoxalmente, o seu quase abandono. A sua secular existência e aparente infinita resistência levam à ausência da sua regular manutenção. Geralmente não associadas às acções do tráfego que sobre elas passa, as anomalias que se vão acumulando nestas estruturas são o resultado dessa falta de manutenção, devendo-se, muitas vezes, à deficiente drenagem, ao desenvolvimento de vegetação arbustiva ou arbórea, à falta de limpeza das margens e ao caudal sólido que os cursos de água transportam. Estas anomalias, em regra, não põem em causa a estabilidade da obra de arte mas contribuem para a degradação da sua funcionalidade e para a redução da sua durabilidade. Geralmente, anomalias mais severas, que poderão pôr em risco a estabilidade da ponte, associam-se a deslocamentos dos apoios (pilares e encontros) e estes estão relacionados, frequentemente, com a alteração dos regimes de escoamento dos cursos de água.

Impõe-se, assim, que estas pontes sejam alvo de acções de conservação. Após o acidente da ponte Hintze Ribeiro, as entidades nacionais sobre cuja jurisdição se encontra uma grande parte das obras de arte em arco de alvenaria - Estradas de Portugal, E. P. E. (EP) e Refer, E. P. E. (REFER) - lançaram uma série de acções com o objectivo de avaliar o estado de conservação das respectivas pontes. No entanto, actualmente, uma significativa parte das pontes em arco de alvenaria encontra-se sob a jurisdição das Câmaras Municipais, não existindo nenhuma acção de inspecção concertada, com objectivos idênticos aos das empresas referidas.

Com o intuito de contribuir para o reconhecimento do estado deste património, desenvolveu-se no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), desde 2003, um conjunto de trabalhos de inspecção e de avaliação de segurança de pontes em arco de alvenaria. Estes estudos foram enquadrados em trabalhos de fim de curso em Engenharia Civil e em Engenharia Geotécnica. Para além de trabalho de pesquisa bibliográfica, desenvolveu-se uma metodologia de inspecção e realizou-se aturado trabalho de campo para recolha de informação sobre o estado das pontes, informação essa sistematizada em gabinete, posteriormente, e servindo de suporte para expeditas verificações de segurança.

2 A FICHA DE INSPECÇÃO PROPOSTA

2.1 Introdução

Na bibliografia da especialidade encontram-se disponíveis diferentes metodologias de inspecção de obras de arte e de organização da informação recolhida. Em particular, no nosso país, a EP e a REFER têm há muito estabelecidas metodologias próprias, cuja evolução tem sido recentemente adaptada ao sistema de gestão de obras de arte em implementação nestas empresas. O Núcleo de Conservação e Reabilitação de Edifícios e Património da FEUP (NCREP) tem também definida, há mais de uma década, uma metodologia de inspecção de sua autoria, especialmente vocacionada para construções antigas. Embora o conjunto de opções seja diversificado, com os trabalhos académicos desenvolvidos no ISEP sobre pontes em arco de alvenaria, foi surgindo a intenção de criação de uma metodologia de recolha da informação sobre o estado destas estruturas e da sua organização e arquivo. De forma idêntica ao que, por exemplo, a EP propõe para a avaliação do estado de conservação da obra de arte inspeccionada, também aqui se sugere um critério para essa avaliação, com a quantificação de um índice cujo processo de determinação, que se procurou simples, se distingue, contudo, do estabelecido por essa empresa.

A ficha de inspecção proposta é composta por um conjunto de informação organizado sequencialmente com o registo dos dados da ponte e da inspecção, esquemas legendados da ponte e identificação e classificação das anomalias detectadas.

Para auxiliar o registo desta informação encontram-se definidos esquemas de convenções e esquemas explicativos relativos às anomalias, instruções de preenchimento, quadros com as classificações dos níveis de gravidade das anomalias e quadro para avaliação do estado geral de conservação da ponte.

2.2 Ficha de inspecção

O preenchimento da ficha de inspecção inicia-se pelos campos relativos aos dados da ponte, pelos correspondentes aos dados da inspecção e pelos esquemas legendados da ponte, conforme adiante se exemplifica na Figura 7. Procede-se, em seguida, à identificação e à classificação do nível de gravidade, *in situ*, das anomalias detectadas. A recolha e o registo desta informação encontram-se organizados por elemento estrutural (fundações, encontros, pilares, arcos, quebra-rios, contrafortes, tímpanos, tabuleiro e guardas de segurança). Para cada elemento estrutural, procuraram-se

distinguir as anomalias de carácter estrutural, das que correspondem a alterações físicas, químicas ou biológicas. Na Figura 1 apresenta-se, a título ilustrativo, um extracto da ficha de inspecção, relativo às anomalias de carácter estrutural do elemento “Fundações”.

Identificação e Classificação de Anomalias									
Identificação do Elemento Estrutural		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Anexo	Número de Fotografias	Observações
		Nível de Gravidade							
Fundações	Anomalias Estruturais	Fissura Horizontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Fissura Vertical	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Fissura Diagonal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Abertura de Juntas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Deslocamento Lateral	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Assentamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Rotação Longitudinal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Rotação Transversal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 1. Fundações. Anomalias de carácter estrutural.

A definição do nível de gravidade, para cada anomalia, para os diferentes elementos estruturais, encontra-se estabelecida de 1 a 5 (nulo, reduzido, médio, elevado e muito elevado), sempre que possível considerando critérios objectivos. Por exemplo, para a anomalia “Humidade” o critério sugerido é o indicado na Figura 2, de forma semelhante ao estabelecido pela REFER, enquanto para a anomalia “Fissuras” se considera o critério apresentado na mesma figura.

<u>Humidade</u>		<u>Fissuras</u>				
Nível de Gravidade	1 – Inexistente	Comprimento (%) *	Espessura (mm)			
	2 – Mancha de humidade		<0,5	0,5–20	>20	
	3 – Gotejamento		0 – 25	2	3	4
	4 – Escorrências		25 – 50	3	4	5
	5 – Estalactites		> 50	4	5	5

*A avaliação do comprimento corresponde à percentagem da extensão do elemento estrutural que a fissura percorre.

Figura 2. Humidade e fissuras. Níveis de gravidade.

Sempre que possível, para maior detalhe, deverá ser anexada uma imagem com a localização da anomalia no elemento estrutural e identificados os números das fotografias respectivas, para adequado arquivo.

Eventuais dúvidas relativas ao significado das diferentes anomalias poderão esclarecer-se com os esquemas com as convenções consideradas, que integram um documento organizado que acompanha a ficha de inspecção.

Para a determinação do índice correspondente ao estado de conservação da ponte atribui-se, a cada tipologia de anomalia, um determinado peso. Às anomalias de carácter estrutural, físico e químico ou biológico correspondem, respectivamente, os pesos de 70%, 15% e 15%. O nível de gravidade do conjunto de anomalias, W_{ij} , por elemento estrutural, será obtido pela soma de três parcelas (Equação (1)):

$$W_{ij} = X+Y+Z, \quad (1)$$

em que:

j corresponde ao número do elemento estrutural;

i representa os elementos estruturais incluídos no conjunto designado por A (fundações, encontros, pilares, arcos, quebra-rios, contrafortes, tímpanos e tabuleiro) ou os incluídos no conjunto designado por B (guardas de segurança).

As três parcelas são calculadas da seguinte forma (Equações (2), (3) e (4)):

$$X = 0,70 \times \frac{\sum \text{Nível de Gravidade}}{\text{Nº Anomalias Estruturais}}; \quad (2)$$

$$Y = 0,15 \times \frac{\sum \text{Nível de Gravidade}}{\text{Nº Anomalias Físicas}}; \quad (3)$$

$$Z = 0,15 \times \frac{\sum \text{Nível de Gravidade}}{\text{Nº Anomalias Químicas ou Biológicas}}. \quad (4)$$

O índice de conservação será obtido pela soma de duas parcelas (Equação (5)):

$$I=C+D, \quad (5)$$

em que C e D são calculadas a partir das Equações (6) e (7):

$$C = \sum W_{A_j} \times \frac{0,90}{\sum A_j} \quad e \quad (6)$$

$$D = \sum W_{B_j} \times \frac{0,10}{\sum B_j}. \quad (7)$$

No Quadro 1 apresentam-se a classificação do estado de conservação geral da ponte e a actuação aconselhada face aos diferentes índices de conservação.

A informação relativa à inspecção realizada, presente na ficha de inspecção, é representada, para maior facilidade de visualização, em esquemas desenhados sobre os alçados e sobre a planta da ponte, por cada anomalia, e em esquemas, por elemento estrutural, com as diferentes anomalias assinaladas.

Quadro 1. Classificação do estado de conservação geral da ponte (adaptado de REFER)

Índice de conservação	Classificação do estado de conservação geral da ponte	Actuação aconselhada
1	Estado normal.	
2	Conjunto de anomalias sem importância. O tratamento pode ser realizado mais tarde sem inconveniente.	Registo para comparação com futuras informações da mesma obra.
3	Conjunto de anomalias sem repercussão a curto prazo na estabilidade da estrutura. Implica a médio prazo custos de manutenção cada vez mais elevados, carecendo de intervenção, quando possível.	Realização de inspecções de rotina, podendo ser necessário recorrer a meios permanentes de medição e a restrições à circulação.
4	Conjunto de anomalias importantes, carecendo de intervenção logo que possível.	Inspeção pormenorizada imediata, seguida de vigilância permanente e de trabalhos de reparação ou de reforço. Imposição de restrições à circulação.
5	Conjunto de anomalias que impõe actuação imediata.	Trabalhos de reparação ou de reforço imediatos. Imposição de restrições à circulação.

Na Figura 3 apresenta-se um exemplo de esquema do primeiro tipo referido, mostrando a vegetação representada no alçado de montante de uma ponte, enquanto na Figura 4 se apresenta um esquema do segundo tipo, indicando-se as diferentes anomalias detectadas no intradorso de um arco. A representação por anomalia, em alçado e em planta, é especialmente útil para a quantificação dos trabalhos de manutenção, de reparação e de reforço eventualmente associados.

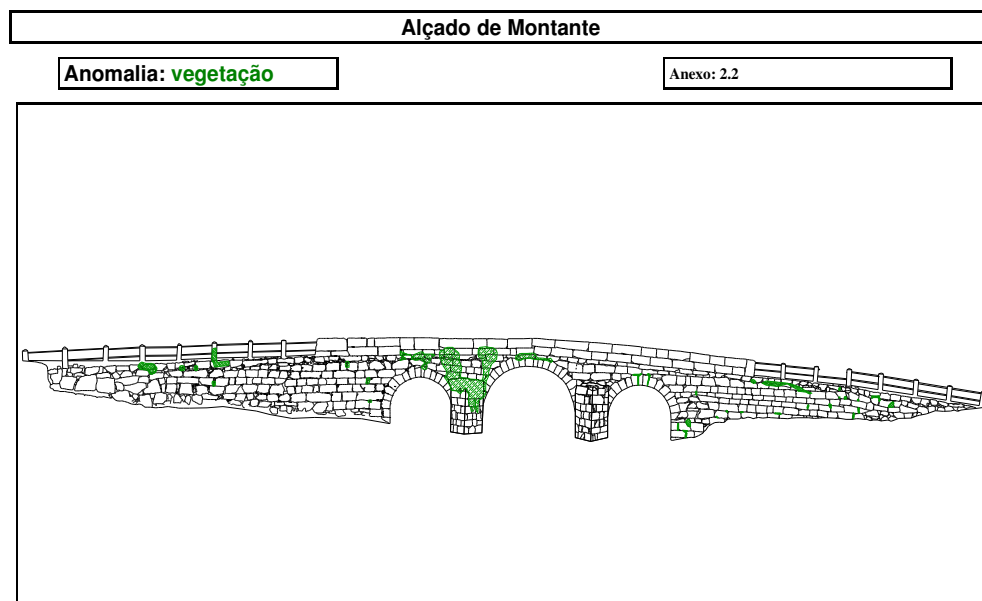


Figura 3. Alçado de montante. Representação da vegetação.

1. Intradorso do Arco A1 (Esquema)

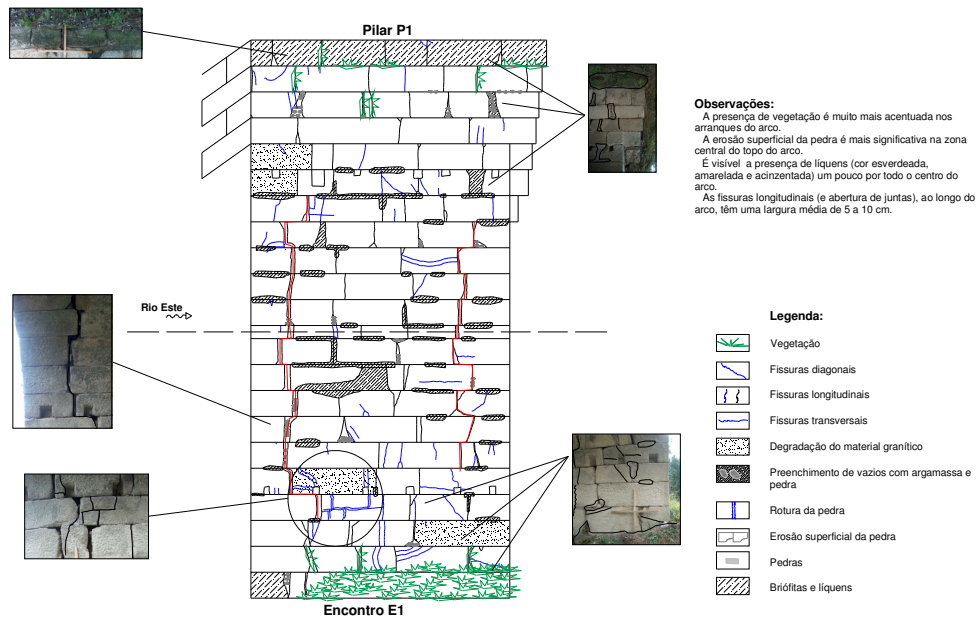


Figura 4. Intradorso de um arco. Representação das anomalias.

3 AS PONTES SOBRE O RIO ESTE

As cinco pontes sobre o rio Este (Figura 5), afluente da margem direita do rio Ave, que se localizam na Figura 6, foram objecto de um detalhado estudo com o principal objectivo de identificar as suas anomalias, de modo a avaliar o seu estado de conservação e de averiguar, de forma expedita, a sua estabilidade estrutural.



Figura 5. Pontes sobre o rio Este.

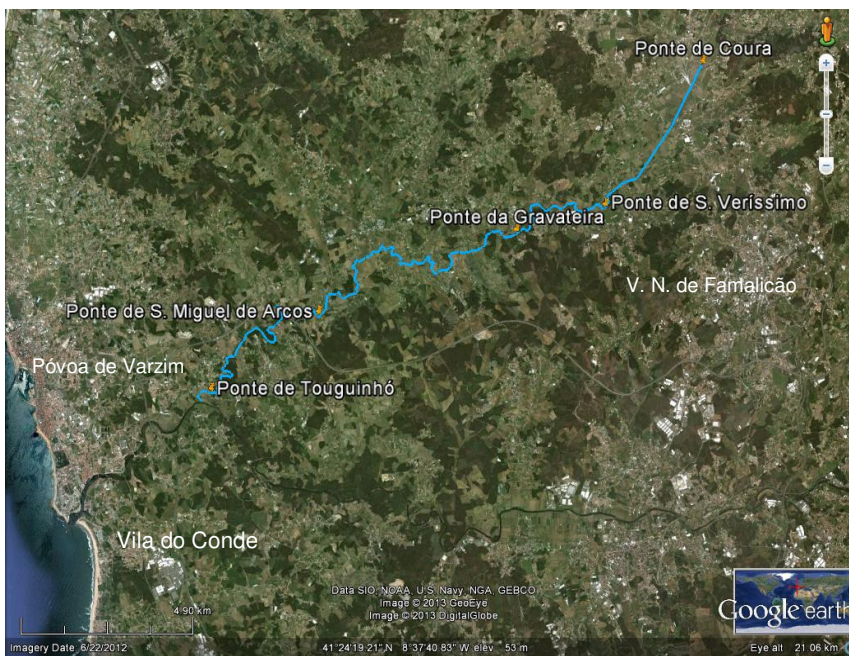


Figura 6. Pontes sobre o rio Este. Localização. (Google earth, 2013)

Atravessando áreas dos concelhos de V. N. de Famalicão, de Póvoa de Varzim e de Vila do Conde, o vale que o Este ocupa na extensão interessada pelo estudo é aberto, encaixando-se num trecho intermédio e noutro final, na presença do maciço granítico, que aflora ao longo das margens, criando gargantas de significativa dimensão.

Para as cinco pontes preencheu-se a ficha de inspeção acima descrita, reproduzindo-se, na Figura 7, a primeira página da correspondente à Ponte da Gravateira.

No Quadro 2 apresenta-se, para as cinco obras de arte, o índice de conservação avaliado, automaticamente, com o preenchimento de cada ficha, com base nas inspeções realizadas. Os valores apresentados, contudo, devem ser encarados com reserva, por não ter sido possível inspeccionar, integralmente, as fundações dos apoios das pontes referidas. Verifica-se ser a Ponte da Gravateira e a de S. Miguel de Arcos as que se encontram em estado mais preocupante. Na metodologia apresentada para a avaliação do estado de conservação geral das pontes, encontram-se definidas situações singulares em que a presença de uma determinada anomalia com particular gravidade poderá condicionar o valor a atribuir. No caso da Ponte da Gravateira, o valor apresentado do índice de conservação encontra-se associado à presença de fissuras longitudinais nos intradorsos dos arcos e de abertura de juntas correspondentes com extensões e espessuras determinantes.

Quadro 2. Índice de conservação das pontes.

Ponte	Índice de conservação
Ponte de Coura	2
Ponte de S. Veríssimo	2
Ponte da Gravateira	4
Ponte de S. Miguel de Arcos	3
Ponte de Touguinhó	2

Ficha de Inspeção para Pontes em Arco de Alvenaria													
Dados da Ponte	Designação : Ponte da Gravateira Localização: Estrada/Rua: do Calvário km n.º: Rio: Este Coordenadas: M-160.9, P-494.0 Freguesia: Gondifelos Concelho: Vila Nova Famalicão Concluída em: / / ?												
Dados da inspeção	Data da Última Inspeção: ? Data da Inspeção: Início 18 / 10 / 2005 Fim 21 / 12 / 2005 Intervenientes: João Carlos Maltez Rodrigues Torcato Frederico Monteiro Pedro Miguel Monteiro Silva Responsável: Engenheiro José Filinto Castro Trigo Condições Climáticas: Tempo chuvoso nas 4 visitas efectuadas à ponte												
Esquema da Ponte	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center; vertical-align: middle;">Alçado de Montante</td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Alçado de Jusante</td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Planta</td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Alçado de Montante		Alçado de Jusante		Planta							
Alçado de Montante													
Alçado de Jusante													
Planta													
Legenda	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">E1m-Encontro1 a montante; E2m-Encontro2 a montante; TI1m-Tímpano1 a montante; TI2m-Tímpano2 a montante</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>A1m-Arco1 a montante; A2m-Arco2 a montante; A3m-Arco3 a montante; Qr1m-Quebrarios1 a montante</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Qr2m-Quebrarios2 a montante; E1j-Encontro1 a jusante; E2j-Encontro2 a jusante; TI1j-Tímpano1 a jusante; TI2j-Tímpano2 a jusante</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AI1-intradorso do arco1; AI2-intradorso do arco2; AI3-intradorso do arco3; GCm-Guarda-corpos a montante; GCj-Guarda-corpos a jusante</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A1j-Arco1 a Jusante; A2j-Arco2 a jusante; A3j-Arco3 a jusante; C1j-Contraforte1 a jusante; C2j-Contraforte2 a jusante</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F1-Fundação do Encontro 1; F2-Fundação do "Pilar" 1; F3-Fundação do "Pilar" 2; F4-Fundação do Encontro 2</td> <td></td> </tr> </table>	E1m-Encontro1 a montante; E2m-Encontro2 a montante; TI1m-Tímpano1 a montante; TI2m-Tímpano2 a montante		A1m-Arco1 a montante; A2m-Arco2 a montante; A3m-Arco3 a montante; Qr1m-Quebrarios1 a montante		Qr2m-Quebrarios2 a montante; E1j-Encontro1 a jusante; E2j-Encontro2 a jusante; TI1j-Tímpano1 a jusante; TI2j-Tímpano2 a jusante		AI1-intradorso do arco1; AI2-intradorso do arco2; AI3-intradorso do arco3; GCm-Guarda-corpos a montante; GCj-Guarda-corpos a jusante		A1j-Arco1 a Jusante; A2j-Arco2 a jusante; A3j-Arco3 a jusante; C1j-Contraforte1 a jusante; C2j-Contraforte2 a jusante		F1-Fundação do Encontro 1; F2-Fundação do "Pilar" 1; F3-Fundação do "Pilar" 2; F4-Fundação do Encontro 2	
E1m-Encontro1 a montante; E2m-Encontro2 a montante; TI1m-Tímpano1 a montante; TI2m-Tímpano2 a montante													
A1m-Arco1 a montante; A2m-Arco2 a montante; A3m-Arco3 a montante; Qr1m-Quebrarios1 a montante													
Qr2m-Quebrarios2 a montante; E1j-Encontro1 a jusante; E2j-Encontro2 a jusante; TI1j-Tímpano1 a jusante; TI2j-Tímpano2 a jusante													
AI1-intradorso do arco1; AI2-intradorso do arco2; AI3-intradorso do arco3; GCm-Guarda-corpos a montante; GCj-Guarda-corpos a jusante													
A1j-Arco1 a Jusante; A2j-Arco2 a jusante; A3j-Arco3 a jusante; C1j-Contraforte1 a jusante; C2j-Contraforte2 a jusante													
F1-Fundação do Encontro 1; F2-Fundação do "Pilar" 1; F3-Fundação do "Pilar" 2; F4-Fundação do Encontro 2													

Figura 7. Ponte da Gravateira. Ficha de inspeção.

A segurança das cinco estruturas em arco foi avaliada de forma expedita, recorrendo à Estática Gráfica e ao método proposto pela *Union International de Chemins de Fer* (Método *MEXE*) e, em desenvolvimentos mais recentes, usando o programa de cálculo automático *Ring*, desenvolvido e comercializado pela empresa *LimitState*. Na Figura 8 representa-se, a título ilustrativo, um cálculo realizado recorrendo à Estática Gráfica, considerando o arco central da Ponte da Gravateira, verificando-se que a linha de pressões tangencia os limites do arco apenas em três pontos.

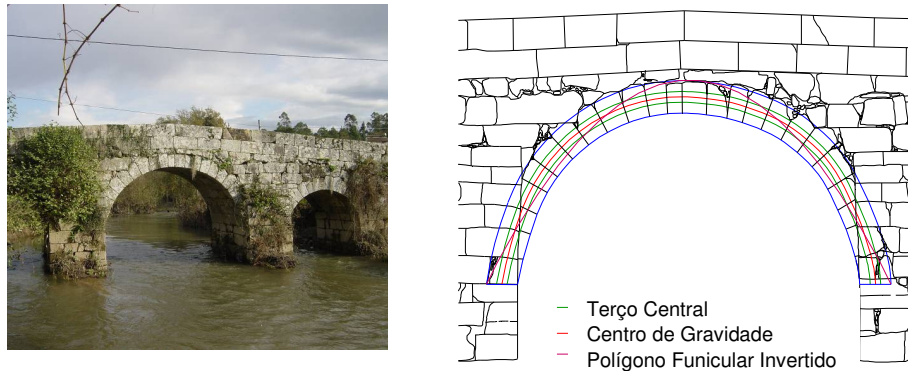


Figura 8. Arco central da ponte da Gravateira. Avaliação da segurança.

Na Figura 9 apresenta-se o resultado de um cálculo realizado com o programa *Ring*, considerando um deslocamento do apoio do lado da margem direita do arco central da ponte de S. Miguel de Arcos, com uma componente vertical descendente e uma horizontal no sentido de abertura do arco, com o objectivo de tentar reproduzir, com esta solicitação, a deformada que este arco evidencia e que se observa também nessa figura, justificando, desta forma, a origem da anomalia (abatimento do arco) identificada.

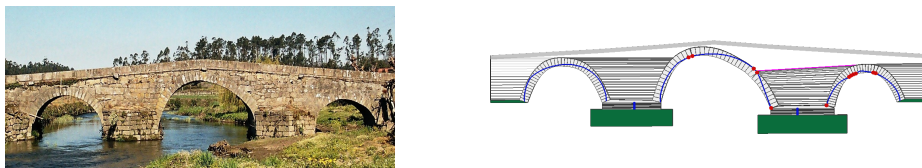


Figura 9. Arco central da ponte de S. Miguel de Arcos. Avaliação da segurança.

Esta ponte, a que correspondeu o índice de conservação 3, foi objecto de uma intervenção de reparação, posterior à inspecção realizada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade significativa de pontes em arco de alvenaria de pedra existentes no território nacional, o facto de muitas se encontrarem ainda em serviço apesar da sua idade secular, aliado ao seu valor patrimonial e ao seu estado de conservação, em regra fragilizado, constituem argumentos para que sobre estas obras de arte se oriente a atenção das instituições de ensino superior.

Em período de maior carência económica, de forte abrandamento do sector da construção e da perspectiva que a reabilitação do edificado assuma um papel

preponderante na retoma da actividade construtiva, parece tornar-se ainda mais pertinente a formação, nessa área, dos alunos das escolas de engenharia civil.

Com esse intuito desenvolveu-se uma experiência de ensino no ISEP, que teve por base um conjunto de casos de estudo de pontes históricas em arco de alvenaria de pedra, sobre o rio Este, localizadas nos concelhos de V. N. de Famalicão e de Vila do Conde. Definiu-se, com os alunos, uma metodologia de inspecção e de arquivo da informação e ensaiaram-se avaliações expeditas de segurança deste tipo de estruturas. Esta iniciativa deverá evoluir, procurando abranger as restantes pontes de alvenaria em arco que atravessam o rio Este, sensibilizando e formando mais alunos para intervenções neste património a preservar. A metodologia de inspecção deverá ser continuamente validada, sofrendo eventuais adaptações, sobretudo com a intenção de tornar mais objectivos os critérios de definição do nível de gravidade das diferentes anomalias. Os pesos atribuídos às diferentes tipologias de anomalias serão também objecto de contínuas aferições e eventuais alterações.

Este trabalho promove o contacto da Escola com a população e com as instituições públicas que com as obras de arte se relacionam. Inclui recolha de informação, trabalho de campo e de gabinete. Os seus resultados são disponibilizados às instituições competentes, orientando a gestão da intervenção e contribuindo para a conservação do património histórico edificado português. E os alunos desenvolvem competências que lhes permitirão intervir, mais tarde, na sua profissão, representando a instituição responsável pelas pontes, colaborando na empresa de projecto, integrando a equipa de fiscalização ou actuando na empresa construtora.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão e às Juntas de Freguesia de Nine e de Gondifelos, deste concelho, bem como à Câmara Municipal de Vila do Conde, pelo apoio às actividades de inspecção e pela disponibilização de informação histórica sobre as pontes estudadas.

Agradecem ainda à empresa *LimiState* pelas facilidades concedidas na utilização do software *Ring*.

5 REFERÊNCIAS

Arêde, A. & Costa, A. 2001. Inspeção e avaliação estrutural de pontes. Algumas contribuições da FEUP. In Actas do Seminário sobre Segurança e Reabilitação das Pontes em Portugal. Porto: FEUP Edições.

Arêde, A. & Costa, A. 2002. Inspeção e diagnóstico estrutural de construções históricas. Algumas contribuições da FEUP. In Actas do Seminário sobre a Intervenção no Património, Práticas de Conservação e Reabilitação. Porto: FEUP.

Brito, J. 2004. Metodologias de inspecção. In Seminário sobre Inspeção e Manutenção de Pontes. Lisboa: Fundec.

Clemente, J. 2003. As pontes na rede ferroviária. In Curso de formação avançada sobre Infraescavação e durabilidade de pontes. Guimarães: Universidade do Minho.

Costa, C. 2002. Análise do comportamento da ponte da Lagoncinha sob a acção do tráfego rodoviário. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: FEUP.

Cruz, P. & Neves, L. 2003. Segurança de pontes existentes. In Curso de formação avançada sobre Infraescavação e durabilidade de pontes. Guimarães: Universidade do Minho.

Curtin, W. G. et al. 1982. Structural Masonry Designer's Manual. Great Britain: Granada Publishing Limited.

EP - Manual de Inventário. Almada: Estradas de Portugal, E.P.E.

EP - Manual de Inspeções de Rotina. Almada: Estradas de Portugal, E.P.E.

EP - Manual de Inspeções Principais. Especificações Técnicas. Almada: Estradas de Portugal, E.P.E.

Gilbert, M. 2011. RING Manual, version 3.0. Sheffield: LimitState Ltd.

Heyman, J. 1998. The assessment of strength of masonry arches. In Sinopoli (ed.), Arch Bridges. Rotterdam: Balkema.

LCPC, SETRA 1979. Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art - 2ème partie: dispositions particulières. Fascicule 30: ponts et viaducs en maçonnerie. Paris: Direction des Routes.

Lopes, A. et al. 2004. Inspeção e Reabilitação de Pontes de Alvenaria. Seminário I. Licenciatura em Engenharia Civil. Porto: ISEP, IPP.

Loureiro, D. et al. 2005. Inspeção de Pontes de Alvenaria. Seminário I. Licenciatura em Engenharia Civil. Porto: ISEP, IPP.

Lourenço, A. et al. 2003. Pontes em Alvenaria. Seminário I. Licenciatura em Engenharia Civil. Porto: ISEP, IPP.

Lourenço, P. & Oliveira, D. 2003. Pontes de alvenaria – técnicas de construção e fundações. Técnicas de inspeção e de reforço. Casos de estudo. In Curso de formação avançada sobre Infraescavação e durabilidade de pontes. Guimarães: Universidade do Minho.

International Union of Railways 1995. Recommendations for the assessment of the load carrying capacity of existing masonry and mass-concrete arch bridges, UIC Code 778-3 R. Paris: UIC.

Martins, B. et al. 2005. Inspeção e Reabilitação de Pontes de Alvenaria. 2005. Seminário II. Licenciatura em Engenharia Civil. Porto: ISEP, IPP.

Knapen, S. 2005. Inspection of Masonry Arch Bridges. Seminário II. Licenciatura em Engenharia Civil. Porto: ISEP, IPP.

Mata, C. et al. 2004. Inspeção e Reabilitação de Pontes de Alvenaria. Seminário II. Licenciatura em Engenharia Civil. Porto: ISEP, IPP.

Nogueira, N. et al. 2003. Ponte da Gravateira. Seminário I. Licenciatura em Engenharia Civil. Porto: ISEP, IPP.

Ribeiro dos Santos, J. 1983. Das pontes antigas no concelho de Vila Nova de Famalicão. Boletim Cultural. Vila Nova de Famalicão: Câmara Municipal de Vila Nova de Famalicão.

Silva, P. et al. 2005. Inspeção de Pontes de Alvenaria. 2005. Seminário I. Licenciatura em Engenharia Civil. Porto: ISEP, IPP.

Trigo J.F. 2006. Inspeção de pontes históricas de alvenaria em arco. Uma experiência de ensino. In Actas da I Jornada Luso-Brasileira de Ensino e Tecnologia em Engenharia. Porto Alegre: Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.