

Concepção, Conservação e Reabilitação de Pontes

*Livro de Atas do 4º Congresso Nacional sobre
Segurança e Conservação de Pontes,
Lisboa, 25 e 26 de Junho de 2015*

Concepção, Conservação e Reabilitação de Pontes

Editado por:

Paulo J.S. Cruz
Luís Oliveira Santos
Tiago Mendonça

Copyright © 2015 Associação Portuguesa para a Segurança e Conservação de Pontes, Portugal

Todos os direitos reservados. Esta obra não pode ser reproduzida, no todo ou em parte, por qualquer forma ou quaisquer meios eletrónicos, mecânicos ou outros, incluindo fotocópia, gravação magnética ou qualquer processo de armazenamento ou sistema de recuperação de informação sem prévia autorização escrita dos Editores.

Texto elaborado a partir da reprodução direta dos originais preparados pelos autores. Apesar do cuidado na preparação desta publicação, de forma a garantir a sua qualidade e integridade, os editores não assumem qualquer responsabilidade pelo conteúdo e por possíveis incorreções do texto.

Publicado por:
Associação Portuguesa para a Segurança e Conservação de Pontes
<http://www.ascp.pt>

ISBN: 978-989-98405-2-2

Impresso por: Multicomp, Artes Gráficas Lda
Design Gráfico: Bernardo Providência
Imagem da capa: LNEC

ÍNDICE

Comissões	XI
Prefácio	XIII
Patrocinadores	XIV

CONFERÊNCIAS

Robustness and health monitoring of existing bridges <i>J.R. Casas</i>	3
Pontes em arco <i>J. Appleton</i>	7
Maintenance and safety of large bridges based on monitoring system and virtual experiment A.R. Chen	11
Pontes em Moçambique - Desafios da presente década V. Miranda	15

TEMAS ESPECIAIS

Concepção e reabilitação de pontes em Moçambique

Rede ferroviária Moçambicana: Caracterização e perspetivas futuras <i>J. Mabota & A. Manjate</i>	23
Reparação e substituição de obras de arte nas linhas ferroviárias do corredor sul em Moçambique <i>J. Mabota & A. Manjate</i>	25
Pontes na rede rodoviária Moçambicana. Experiências recentes <i>A. Guilamba</i>	27
Intervenção de emergência em pontes da rede rodoviária Moçambicana <i>A. Guilamba</i>	29
Ponte ferroviária ao km 37+700 da linha de Goba sobre o Rio Umbeluzi, em Boane <i>T. Mendonça, M. Almeida & B. Rodrigues</i>	31

Pontes pedonais: Soluções estruturais, critérios de dimensionamento e estudos especiais

Soluções híbridas para passagens superiores em ambientes urbanos <i>A.A. Fonseca & A.P.A. Fonseca</i>	35
Mitigação de vibrações em pontes pedonais: algumas experiências <i>E. Caetano e A. Cunha</i>	39

Comparação de frequências obtidas através de procedimentos analíticos com frequências obtidas através de testes in-situ com um ou mais acelerómetros <i>C.S. Oliveira & V.T. Camacho</i>	41
---	----

Pontes de alvenaria de pedra

Avaliação experimental do comportamento dos componentes e dos materiais de uma ponte ferroviária em alvenaria de pedra <i>A. Arêde, C. Costa, M. Morais, A. Topa Gomes, J. Menezes e R. Silva</i>	45
--	----

Diagnóstico de pontes de alvenaria <i>A. Costa, H. Pernetá, J. Amado, L. Freire. C. Costa, A. Arêde & H. Varum</i>	47
---	----

Avaliação probabilística de segurança de pontes ferroviárias em arco de alvenaria de pedra <i>V. N. Moreira, J. C. Matos & D. V. Oliveira</i>	49
--	----

A simplified procedure for seismic vulnerability assessment of railway masonry arch bridges <i>F. da Porto, G. Tecchio & C. Modena</i>	51
---	----

Análise de pontes de alvenaria por elementos discretos. Opções para a representação numérica <i>V. de Lemos</i>	53
--	----

Condition assessment of masonry bridges in Poland <i>T. Kamiński & J. Bień</i>	55
---	----

TEMAS GERAIS

Avaliação de segurança e análise de risco

Avaliação da carga última de lajes de tabuleiro de pontes sob cargas concentradas <i>R.V. Rodrigues</i>	61
--	----

Concepções de adoção de sistemas de proteção de pilares para pontes ferroviárias <i>B. E. Sobrinho, M. A. Noronha de Brito & F. C. M. Mansur</i>	63
---	----

Erosões localizadas junto de pilares de pontes sobre leitos aluvionares <i>L. Couto, C. Fael, R. Lança & A. H. Cardoso</i>	65
---	----

Metodologia eficiente de avaliação probabilística da segurança de pontes ferroviárias em linhas de alta velocidade <i>J. M. Rocha, A.A. Henriques & R.B. Calçada</i>	67
---	----

Avaliação da segurança de projetos de pontes rodoviárias avaliando as modificações no coeficiente de impacto da norma brasileira ABNT NBR 7188: 2013 carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas <i>I. Cunha e Santos, F. P. da Silva Nunes & T. A. C. Santos</i>	69
--	----

Uma nova metodologia para avaliação de segurança de pontes existentes <i>J. C. Matos, I. Valente & P.J.S. Cruz</i>	71
---	----

O processo de elaboração de projeto de sinalização definitiva e de construção de pontes sobre rios navegáveis	73
---	----

<i>F. C. M. Mansur, M. A. Noronha de Brito & B. E. Sobrinho</i>	
Avaliação da segurança de um comboio a circular sobre um viaduto sujeito a ações sísmicas	75
<i>P. A. Montenegro, R.B. Calçada & N. Vila Pouca</i>	
As Pontes estaiadas no Brasil – Estudo de caso da Ponte Estaiada Oiapoque na BR-156/AP	77
<i>I. Cunha e Santos & J.L. Vital de Brito</i>	
Avaliação da capacidade de carga de pontes em arco de alvenaria – Ponte Românica de Salzedas	79
<i>P.N. M. M. Cordeiro & G. A. Rouxinol</i>	
Durabilidade, fadiga e deteção de dano	
Estudo do estado de conservação e danos estruturais das pontes históricas de Petrópolis	83
<i>R.L. Gaiofatto & A.K. Fachetti</i>	
Avaliação do desempenho de algoritmos de aprendizagem estatística para deteção de anomalias em pontes	85
<i>J. Santos, P. Silveira & M. Pipa</i>	
Procedimento para estimar a profundidade de penetração de agentes agressivos em elementos construtivos	87
<i>F. C. Zarzar Júnior & R. A. de Oliveira</i>	
Durabilidade de ligas ferrosas na sustentabilidade e resiliência da construção	89
<i>M.J. Correia & M. Salta</i>	
A proposal for generalization of existing probabilistic fatigue damage models	91
<i>J.A.F.O. Correia, A.de Jesus, A. Fernández-Canteli & R.B. Calçada</i>	
Identificação dos parâmetros modais de uma ponte ferroviária de pequeno vão em alvenaria de pedra	93
<i>C. Costa, D. Ribeiro, P. Jorge, R. Silva, A. Arêde & R.B. Calçada</i>	
Inspeção e monitorização	
Pontes antigas na Ilha da Madeira – Caracterização e diagnóstico	97
<i>F. Rodrigues & J. Santos</i>	
Aplicação das metodologias de avaliação de obras de arte especiais GDE/UnB e SGO/DNIT em estruturas de Brasília	99
<i>R. Calazans Verly, J.H S. Régo & E. K. de Castro</i>	
Monitoramento dinâmico de uma ponte de concreto com GPS L1 – Étaps iniciais	101
<i>J. L. A. Trabanco, A. P. C. Larocca, J. O. A. Neto & A. B. Colombo</i>	
Uso da tecnologia Laser Scanner na detecção de recalque - Estudo de caso para a ponte de concreto sobre a MG 290 Ouro Fino - MG- Brasil	103
<i>F.L. Albarici, P. A. F. Borges & J.L. A. Trabanco</i>	
Avaliação experimental da força em cabos	105
<i>B. Caeiro, X. Min & L. Oliveira Santos</i>	
Monitorização dinâmica e análise modal automáticas do viaduto de Santana do Cartaxo	107

<i>T. Coelho, J. Santos, P. Silveira & P. Oliveira</i>	
Sistema integrado de monitorização da integridade estrutural e da durabilidade da Ponte da Ribeira D'Água na ilha da Boa Vista, em Cabo Verde	109
<i>L. Oliveira Santos, J. Varela & E. Pereira</i>	
Avaliação de fissuras em pontes e viadutos de betão através de um método inovador – CrackBri - baseado em processamento de imagem e laser-scanning	111
<i>J. Valença, I. Puente, E. Júlio & H. González-Jorge</i>	
Comportamento dinâmico de um viaduto ferroviário com tabuleiro pré-fabricado	113
<i>A. Meixedo, R.B. Calçada, R. Delgado & D. Ribeiro</i>	
Ensaio de carga das pontes sobre os rios Curoca e Bentiaba, em Angola	115
<i>L. Oliveira Santos, J. Fonseca, J. Rosário & P. Cabral</i>	
Inspeção de estruturas: uma experiência de ensino	117
<i>C.F. Rodrigues, A. A. Costa, A. Mendonça, P. Guedes, C. Félix & J. F. Trigo</i>	
Concepção, reforço e reabilitação	
Pontes com tabuleiros de grande largura	121
<i>V. Barata, J. P. Cruz & F. Gonçalves</i>	
Ponte de Kassuende Sobre o Rio Zambeze e Acessos Imediatos, em Tete, Moçambique	123
<i>T. Mendonça, V. Brito, M. Almeida & M. Monteiro</i>	
Concepção e construção de um pontão de apoio a operações marítimas no Soyo, Angola	125
<i>J. Pina, J. Vasconcelos & B. Xavier</i>	
Experiencias en la evaluación y refuerzo de puentes en Alemania	127
<i>K. Humpf & W. Eilzer</i>	
Reabilitação da ponte de Chicumbane, Estrada nacional N1, em Moçambique	129
<i>T. Mendonça, M. Almeida & B. Rodrigues</i>	
Proteção anticorrosiva de pontes metálicas ferroviárias	131
<i>H. Fernandes</i>	
Soluções utilizadas para o reforço de fundações de pontes rodoviárias no Brasil	135
<i>J.A. P. Vitória & R. M. M.C. de Barros</i>	
Ponte sobre o rio Lena – Projecto de reabilitação e alargamento	137
<i>N. Mota & T. Costa</i>	
Reabilitação e reforço estrutural da ponte da Fortaleza em Luanda, Angola	139
<i>M. Mimoso & B. Xavier</i>	
Reabilitação da ponte de Inharrime	141
<i>T. Mendonça, V. Brito, T. Faria & T. Filipe</i>	
Reabilitação e reforço dos cais 3 & 4 do porto de Maputo	143
<i>P. Cabral, A. L. Coelho, A. Neves & E. Nascimento</i>	
Substituição do tabuleiro da ponte metálica sobre o rio Corrente	145
<i>A. Almeida & B. Xavier</i>	
Reabilitação e alargamento do tabuleiro da ponte do Barão, sobre a Ribeira de Quarteira	147
<i>C.A.P. Martins & J. Appleton</i>	

Reabilitação da ponte sobre o Rio Vouga no IC2 <i>A. Perry da Câmara, C. L. Fernandes & C. C. Vieira</i>	149
Anomalias estruturais em obras de arte, na fase de exploração <i>C. Rodrigues</i>	151
Empreitada de reforço e reabilitação das fundações da Ponte Internacional de Valença <i>P. Campos & H. Fernandes</i>	155
Reabilitação e reforço estrutural do Viaduto e da Ponte da Ferradosa <i>T. Mendonça, V. Brito & D. Camões</i>	159
Estruturas auxiliares para construção e lançamento do tabuleiro de um Viaduto Ferroviário de 4 tramos de 128m de vão em Tizi-Ouzou, Argélia <i>P. M. Ramos & B. Xavier</i>	161
Ponte sobre o canal Cadal, Soyo, Angola <i>T. Mendonça, T. Faria & M. Monteiro</i>	163
Avaliação de ciclo de vida e gestão de obras de arte	
Modelo para a quantificação dos custos de ciclo de vida de pontes <i>J.C. Almeida, P.J.S. Cruz & J. de Brito</i>	167
O projecto de obras de arte e os custos de conservação <i>N. Mota & T. Costa</i>	169
Quantificação dos custos de ciclo de vida de uma ponte - Apresentação de um caso de estudo <i>J.C. Almeida, P.J.S. Cruz & J. de Brito</i>	171
Minimização dos custos de ciclo de vida no âmbito da gestão de um parque de obras de arte <i>J.O. Almeida, R. Delgado & P. F. Teixeira</i>	173
Desenvolvimento de um modelo de desempenho para infraestruturas ferroviárias aplicado à linha férrea <i>T. Regado, J.C. Matos & B. Gonçalves</i>	175
Aplicação de gestão de obras de arte - GOA - Nova geração <i>T. Mendonça, V. Brito & F. Milhazes</i>	177
SGOA – Sistema de gestão da conservação de obras de arte da EP – Novos desafios <i>L. Freire & J. G. Amado</i>	179
Índice de Autores	181

COMISSÕES

Comissão Organizadora

Presidente: Paulo Cruz, *Universidade do Minho*
Luís Oliveira Santos, *LNEC*
Tiago Mendonça, *Betar SA*

Comissão Executiva

Coordenador: Luís Oliveira Santos, *LNEC* (Coordenador)
Elsa Pereira, *LNEC*
Xu Min, *LNEC*
Sandra Pereira, *ASCP*

Comissão Científica

Presidente: João Almeida Fernandes, *LNEC*

Membros:

Abílio de Jesus, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*
Ademir Santos, *JMBENG, Brasil*
Álvaro Cunha, *Universidade do Porto*
Ana Isabel Silva, *REFER*
António Abel Henriques, *Universidade do Porto*
António Arêde, *Universidade do Porto*
António Bettencourt Ribeiro, *LNEC*
António Reis, *GRID*
Armando Rito, *Armando Rito SA*
Baldomiro Xavier, *Teixeira Duarte*
Carlos Félix, *Universidade do Porto*
Carlos Rebelo, *Universidade de Coimbra*
Carlos Santinho Horta, *Estradas de Portugal*
Daniel Oliveira, *Universidade do Minho*
Eduardo Júlio, *Universidade de Lisboa*
Elsa Caetano, *Universidade do Porto*
Elsa Pereira, *LNEC*
Fernando Branco, *Universidade de Lisboa*
Francisco Virtuoso, *Universidade de Lisboa*
Humberto Varum, *Universidade do Porto*
Isabel Valente, *Universidade do Minho*
João Pires da Fonseca, *Universidade da Beira Interior*
Joaquim Figueiras, *Universidade do Porto*
Jorge de Brito, *Universidade de Lisboa*

José Cândia Martins, *JL Cândia Martins*
José Carlos Clemente, *REFER*
José Catarino, *LNEC*
José Paulo Cruz, *LCW Consult*
Júlio Appleton, *A2P*
Júlio Timerman, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*
Luciano Jacinto, *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*
Luís Afonso, *Soares da Costa SA*
Luís Freire, *Estradas de Portugal*
Luís Oliveira Santos, *LNEC*
Luís Simões da Silva, *Universidade de Coimbra*
Luiz Carlos Filho, *ENGETI Consultoria e Engenharia Lda*
Manuel Loureiro Pipa, *LNEC*
Paulo Barros, *BRISA*
Paulo Cruz, *Universidade do Minho*
Paulo Vila Real, *Universidade de Aveiro*
Pedro Cabral, *Armando Rito SA*
Raimundo Delgado, *Universidade do Porto*
Rui Calçada, *Universidade do Porto*
Teresa Santos, *LNEC*
Tiago Mendonça, *Betar*
Valter Lúcio, *Universidade Nova de Lisboa*
Víctor Barata, *LCW Consult*

Prefácio

Após a adesão de Portugal à União Europeia, a Engenharia Civil portuguesa registou uma atividade notável, decisiva na modernização das infraestruturas principais, que se traduziu num considerável benefício para o país. Nas infraestruturas de transportes essa transformação foi particularmente evidente, assumindo a engenharia de pontes um papel decisivo neste âmbito.

Nesse período de cerca de 20 anos foi construído um grande número de obras de arte, tendo a comunidade técnica nacional correspondido aos desafios lançados pelo poder político, desenvolvendo competências para a conceção e construção de obras arrojadas, com prazos exigentes, em geral com grande qualidade estética, aliando o benefício do uso com a preservação ambiental. Num país tradicionalmente aberto, a engenharia nacional soube acolher empresas e técnicos estrangeiros, ora em regime de concorrência ora de cooperação, que contribuíram para um expressivo acréscimo de competências.

O acidente da Ponte Hintze Ribeiro, em 2001, evidenciou a importância da conservação e segurança das pontes. Desde então, verificou-se, por iniciativa dos donos de obra, uma extraordinária evolução na gestão das obras de arte, a qual beneficiou de significativos contributos de projetistas, consultores, investigadores e académicos. Ganhou acrescida relevância a implementação de inspeções e ensaios de diagnóstico, bem como a realização de operações de manutenção, a reparação e o reforço de obras, tendo sido intervencionadas algumas estruturas de grande dimensão. Crescente tem sido também a atenção dada aos aspetos relativos à funcionalidade e à durabilidade, procedendo-se progressivamente à análise do ciclo de vida das obras.

O despontar da crise financeira e económica, que se refletiu intensamente no sector da construção, originou uma redução drástica na atividade nacional, estimulando a internacionalização deste sector, que revelou uma enorme capacidade de adaptação. As competências adquiridas difundiram-se por outros países, beneficiando das relações de proximidade e cooperação com os países de língua oficial portuguesa, e ultrapassaram progressivamente esse universo, estendendo-se a grande parte de África, América Latina e Médio Oriente. Neste processo a engenharia nacional revelou grande aptidão na cooperação com as autoridades locais, bem como com outras entidades de diversas origens.

O 4º Congresso sobre Segurança e Conservação de Pontes (ASCP 2015), realizado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), em Lisboa, reflete esta extraordinária evolução, permitindo uma visão alargada e atual do que melhor se faz neste campo da segurança e conservação de pontes.

O presente livro “Concepção, Conservação e Reabilitação de Pontes” reúne as comunicações apresentadas neste Congresso, sendo constituído pelos resumos alargados dos artigos publicados em formato digital, incluindo 4 conferências e 67 artigos técnicos. Inclui um vasto leque de temas entre os quais se destacam: Avaliação de Segurança e Análise de Risco; Durabilidade, Fadiga e Detecção de Dano; Inspeção e Monitorização; Inspeção e Monitorização; Concepção, Reforço e Reabilitação; sistemas de gestão de obras de arte. Inclui ainda três sessões especiais, dedicadas à “Segurança e Reabilitação de Pontes em Moçambique”, às “Pontes Pedonais” e “Pontes de alvenaria de pedra”. Por outro lado, reflete o alcance geográfico das diversas intervenções, beneficiando da contribuição de colegas moçambicanos, brasileiros ou cabo-verdianos.

Para a realização do congresso foram imprescindíveis os apoios financeiros que reconhecidamente se agradecem. Estes demonstram o interesse das empresas em contribuir para o desenvolvimento do sector da segurança e conservação de pontes. Esperamos que se confirmem as expectativas positivas para o sector, sugeridas pela quantidade e qualidade dos artigos publicados neste livro.

Paulo J. S. Cruz
Luís Oliveira Santos
Tiago Mendonça

Patrocinadores de Platina

Projectos Prediais de Engenharia

Projectos de Infra-Estruturas

Projectos de Obras de Arte e Túneis

Projectos Geotécnicos

Projectos Viários

Inspeção e Gestão de Obras de Arte

Planeamento e Fiscalização de Obras

Revisão e Coordenação de Projectos

Estudos de Impacto Ambiental e Social

Estudos de Viabilidade Técnica e Económica

B **Betar**
DESDE 1973 A PROJECTAR UM MUNDO MELHOR



SALVAGUARDE O SEU INVESTIMENTO



GOA
GESTÃO DE OBRAS DE ARTE

SISTEMA DE GESTÃO DE OBRAS DE ARTE
Conheça as suas Pontes

O sistema de Gestão de Obras de Arte - GOA, foi desenvolvido integralmente pela BETAR Consultores, tornando-se pioneira nesta área. Desde 1998 a BETAR assume-se como líder de mercado na Gestão de Obras de Arte

DIIXE-MOS "OLHAR" PELAS SUAS PONTES
Inspeções periódicas

A equipa técnica da BETAR conta com milhares de inspeções realizadas, tendo uma vasta lista de entidades que já recorreram aos nossos serviços



GOA
GESTÃO DE PÓRTICOS

SISTEMA DE GESTÃO DE PÓRTICOS
Dê-lhes a importância que merecem

Em 2006 a BETAR voltou a inovar concebendo um novo produto para a Gestão de Pórticos e Sinalização, já instalado em várias concessionárias

CUIDE DOS SEUS PÓRTICOS

O corpo técnico da BETAR inspeciona e apoia os seus clientes na gestão dos seus Pórticos, incluindo verificação de segurança destas estruturas frequentemente negligenciadas



GEOTEST
C. Bna. Vialonga - D.2
2625-607 Matosinhos - Portugal
+351 215 138 690
www.geotest.pt



BTR.AO
R. Kwame Nkrumah 31 - 1ºº
Matanga, Luanda - Angola
+244 943 528 271
www.betar.pt



BETAR CONSULTORES
Av. Elzer Garcia 53 - 2ºº Eq.
1000-148 Lisboa - Portugal
+351 217 526 110
www.betar.pt



BETAR ESTUDOS
Av. Elzer Garcia 53 - 2ºº Eq.
1000-148 Lisboa - Portugal
+351 217 526 110
www.betar.pt



MZ BETAR
Av. 25 de Setembro 160B, 4ººF
Maputo - Moçambique
+258 21 30 20 80
www.betar.pt

