



# Análise Experimental de Tensões e Mecânica Experimental

*4º Encontro Nacional  
Bragança  
17 - 19 Outubro 2001*



Escola Superior de  
Tecnologia e de Gestão  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

# 4º Encontro Nacional de Análise Experimental de Tensões e Mecânica Experimental

17 a 19 de outubro de 2001

## Resumo das Comunicações

Instituto Politécnico de Bragança

Escola Superior de Tecnologia e de Gestão

Auditório Engº Alcínio Miguel

Campus Santa Apolónia, AP. 1134

5301-857 Bragança – Portugal

URL: [www.estig.ipb.pt](http://www.estig.ipb.pt)

Editado por:



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE  
**ANÁLISE EXPERIMENTAL DE TENSÕES**

Sede: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa  
Tlp 21 844 3419; Fax: 21 844 3021; e-mail: [apaet@lnec.pt](mailto:apaet@lnec.pt); URL: [www-ext.lnec.pt/APAET/](http://www-ext.lnec.pt/APAET/)

**4º Encontro Nacional  
Análise Experimental de Tensões e Mecânica Experimental**

**BRAGANÇA, 17-19 de Outubro de 2001**

**Copyright © 2001 por APAET  
ISBN 972-95631-4-4**

**Editora:** Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa  
Tel: +351 21 844 3419; Fax: +351 21 844 3021  
e-mail: [apaet@lnec.pt](mailto:apaet@lnec.pt)  
URL: [www-ext.lnec.pt/APAET/](http://www-ext.lnec.pt/APAET/)

Não é permitida a reprodução total ou parcial deste livro, o registo em suporte digital, ou a transmissão através de qualquer processo electrónico, sem a prévia autorização, por escrito, do titular do direito de edição. O conteúdo deste livro é da inteira responsabilidade dos autores das respectivas comunicações.

**Coordenação e composição: Mário Vaz e Paulo Piloto**

### **Comissão Organizadora / Organising Committee:**

F. B. Branco (IST)	Maria de Lurdes Eusébio (LNEC)
J. F. Silva Gomes (FEUP) - Presidente	Mário A. P. Vaz (FEUP)
J. M. Catarino (LNEC)	Mário Santos (INETI)
J. M. Cirne (FCUC)	Paulo Piloto (IPB-ESTIG)

### **Comissão Científica / Scientific Committee:**

A. Cardon (Bélgica)	J. M. Catarino (LNEC)
A. Correia da Cruz (ISQ)	J. M. Cirne (FCUC)
A. S. Miranda (UM)	J. M. Silva (IST)
A. T. Marques (FEUP)	M. C. Cruz Azevedo
C. Navarro (Espanha)	Mário Santos (INETI)
Dionísio Gonçalves (IPB)	N. F. Rilo (FCTUC)
F. B. Branco (IST)	Rolando Dias (IPB)
F. Q. Melo (FEUP)	S. A. Meguid (Canadá)
J. F. Silva Gomes (FEUP)	

### Índice / Table of contents:

VALIDAÇÃO ESTRUTURAL DE BANCOS DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS USANDO TÉCNICAS PSEUDODINÂMICAS	1
J. O. Carneiro, J. T. Pereira, A. J. Rocha and F. J. Q. de Melo	
USO DE TÉCNICAS INTERFEROMÉTRICAS PULSADAS PARA INSPECÇÃO NÃO DESTRUTIVA DE ESTRUTURAS COMPÓSITAS	3
Monteiro, J.M.; Santos, F.M., Vaz, M.A.P.; Silva Gomes, J.	
AValiação EXPERIMENTAL DA RIGIDEZ AO CORTE NO PLANO DE PLACAS COMPOSITAS LAMINADAS USANDO ESPI	5
Nuno F. Rilo, Nuno Peixinho, Mário A. P. Vaz, Rogério A. C. P. Leal e José M. O. S. Cime	
DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DE CONSTANTES DE RIGIDEZ DE PLACAS COMPOSITAS RFORÇADAS USANDO ESPI	7
Nuno F. Rilo, Mário A. P. Vaz, Rogério A. C. P. Leal e José M. O. S. Cime	
MEDIÇÃO DE DESLOCAMENTOS NO PLANO ATRAVÉS DA CORRELAÇÃO ESPACIAL DE IMAGEM	9
Chousal, J.A.G.	
A <i>SHEAROGRAPHY</i> NA INSPECÇÃO NÃO DESTRUTIVA DE MATERIAIS COMPÓSITOS	11
F. M. Santos, J. Monteiro, M. A. P. Vaz, J. F. Silva Gomes	
PERFILOMETRIA TRIDIMENSIONAL POR UTILIZAÇÃO DE CAMPOS DE LUZ ESTRUTURADA	13
Tavares, P. J.; Vaz, M. A. P.; Chousal, J. A. G.	
EXTENSÕES E TENSÕES OBSERVADAS EM BARRAGENS DE BETÃO	17
Mª Luísa Braga Farinha e C. A. B. Pina	
MÉTODO NUMÉRICO-EXPERIMENTAL PARA IDENTIFICAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ESTRUTURAS LAMINADAS MULTIMATERIAIS	19
A.L. Araújo, C.M. Mota Soares, M.J. Moreira de Freitas e J. Herskovits	
DETERMINAÇÃO DO FACTOR CONCENTRAÇÃO DE TENSÕES EM PLACAS UTILIZANDO A EXTENSOMETRIA COM COMPARAÇÃO NUMÉRICA	21
Fonseca, E.M.M.; Mesquita, L.R.; Calciro, C.; Lopes, H.; Vaz, M.A.P.	
IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONTROLO DE CONDIÇÃO (METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO)	23
Siopa, J.P.; Silva, J.M.	
APPLICATION DE L'ÉMISSION ACOUSTIQUE AU SUIVI D'UN ESSAI DE TRACTION D'UNE EPROUVETTE MONOFILAMENTAIRE DE VERRE E/POLYESTER	25
Oliveira, R.; Marques, A. T.	
DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA INTENSIDADE ESTRUTURAL EM VIGAS	27
H. Reis Lopes, J. Dias Rodrigues	
ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DINÂMICA DA PASSAGEM SUPERIOR PS17 DA AUTO-ESTRADA A-14	29
Rodrigues, J.	
UTILIZAÇÃO DE CINTAS DE TECIDO DE FIBRAS DE CARBONO NO REFORÇO AO CORTE E NO AUMENTO DE DUTILIDADE, EM PILARES DE BETÃO ARMADO SOB A ACCÃO DE CARGAS CÍCLICAS	31
Joaquim A. O. Barros; Ilídio M. Faria & João M. Guedes	
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO DINÂMICA DE ESTRUTURAS EM MATERIAIS COMPÓSITOS	33
Pedradas, A., Ferreira, L., Dimitrovová, Z., Travassos, J.	
MODELIZAÇÃO E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE PLACAS COM TRATAMENTO PASSIVO POR AMORTECIMENTO VISCOELÁSTICO	35
R. A. Silva Moreira, J. Dias Rodrigues	
MODELAÇÃO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE VIGAS SANDWICH COM CAMADAS PIEZOELÉCTRICAS	37
C. M. A. Vasques, J. Dias Rodrigues	

IMPACT BEHAVIOUR OF LOW FIBRE-FRACTION GLASS / POLYESTER LAMINATES Sutherland, L.S. and Guedes Soares, C.	39
MEDIÇÃO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DA LANCHA N.R.P DRAGÃO EM PROVAS DE MAR C. Guedes Soares, F. Machado Santos, R. Pascoal e M. Costa	41
AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE PONTES Álvaro Cunha, Elsa Caetano, Rui Caçada	43
ESTUDOS DINÂMICOS DA PONTE DE JINDO Caetano, E. Sá; Cunha, A.	47
EVOLUÇÃO DA RIGIDEZ EM PILARES DE BETÃO ARMADO ANÁLISE EXPERIMENTAL E NUMÉRICA Valente, I.; Bastos, A. M. S. T.; Azeredo, M.	51
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DO BETÃO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO SEGUNDO A PROPOSTA DA RILEM Joaquim Barros, José Amorim, Joaquim Antunes	53
INFLUÊNCIA DO TIPO, PERCENTAGEM E DISTRIBUIÇÃO DE FIBRAS, IDADE DO BETÃO E QUANTIDADE DE CINZAS VOLANTES, NO COMPORTAMENTO DO BETÃO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO Joaquim Barros, José Amorim, Joaquim Antunes, Ding Yining, Henrique Fernandes	55
COMPORTAMENTO DE VIGAS DE BETÃO ARMADO REFORÇADAS COM LAMINADOS DE CFRP Sena Cruz, Joaquim Barros, Daniel Portela	57
ANÁLISE EXPERIMENTAL DE TENSÕES EM LAMINADOS DE FIBRAS DE CARBONO Ferreira, D.R.S.M.; Barros, J.A.O.; Lourenço, P. B.	59
PROPAGAÇÃO DE DELAMINAGEM EM MODO MISTO DE COMPÓSITOS LAMINARES Arlindo Silva e Manuel J. Moreira de Freitas	61
ANÁLISE EXPERIMENTAL E NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE APOIO NA ENCURVADURA LATERAL DE VIGAS METÁLICAS Piloto, P.A.G.; Vila Real, P.J.M.M.F. e Vaz, M. A. P.	63
O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS REDUZIDOS PARA O ESTUDO EXPERIMENTAL DA FRACTURA EM PEÇAS DE BETÃO ESTRUTURAL Prof. Rui Carneiro de Barros	65
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE BETÕES POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM VARÕES DE MATERIAIS COMPÓSITOS, SUJEITOS A FLUÊNCIA EM FLEXÃO C. M. L. Tavares, R. J. C. M. Guedes, A. J. M. Ferreira	67
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS EXPERIMENTAIS E NUMÉRICAS NA VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DAS ESPIRAS DO ENROLAMENTO DE UM TRANSFORMADOR TIPO 'CORE' Branco, P.A.D.; Vaz, M.A.P.	69
IDENTIFICATION OF ELASTIC PROPERTIES OF ORTHOTROPIC MATERIALS USING EVOLUTIONARY ALGORITHMS Xavier, J. M.; Dourado, N. M.; Morais, J. L.; Conceição, C. A.	71
CARACTERIZAÇÃO DA INTEGRIDADE ESTRUTURAL DE UM AÇO INOXIDÁVEL DE ENDURECIMENTO POR PRECIPITAÇÃO MAQUINADO POR EDM A Leite, M. Melo, J. Faustino, M. Santos	73
MODELIZAÇÃO DO CONTACTO LINEAR RUGOSO EM LUBRIFICAÇÃO MISTA Campos, A., Castro, J., Sottomayor, A. e Seabra, J.	77
ESTUDO COMPARATIVO DO TORNEAMENTO EM ACABAMENTO DE UM AÇO USANDO PASTILHAS "CONVENCIONAIS" E DE RAIO DE PONTA MÚLTIPLO "WIPER" A. Esteves Correia e J. Paulo Davim	79
APLICAÇÃO DA MECÂNICA DA FRACTURA AO ESTUDO DE CONTACTOS ELASTOHIDRODINÂMICOS Claro, J.; Ferreira, L. A.	81

COMPORTAMENTO À FADIGA DE SUPERFÍCIES DE FERRO NODULAR AUSTEMPERADO SUJEITAS A CONTACTOS HERTZIANOS EM ENSAIOS DE ENGRENAGENS FZG	83
Luís Magalhães; J. Seabra	
ESTUDO AO ATRITO DO PAR PEEK-CF30/AÇO EM MEIO LUBRIFICADO (ÁGUA DESTILADA)	85
N. Marques e J. Paulo Davim	
DESGASTE NUM CONTACTO EHD LUBRIFICADO COM MASSA CONTAMINADA	87
Neves R., Graça B., Seabra J.	
ESTUDO DE ESTRATÉGIAS DE MAQUINAGEM EM PEÇA DE GEOMETRIA COMPLEXA	89
A. M. Ramos, C. Relvas e J. A. Simões	
PROJECTO DO EQUIPAMENTO EXPERIMENTAL PARA ENSAIO SÍSMICO DO MODELO DE UMA PLATAFORMA OFFSHORE	91
Correia, H.J.D., Mendes, A.C.	
ROSETA EXTENSOMÉTRICA ÓPTICA RECTANGULAR	93
Frazão, O; Araújo, F. M.; Dias, I.	
MÓDULO DIDÁTICO PARA DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DE TENSÕES COMBINADAS	95
Prof. Dr. Celso Pinto Morais Pereira & Prof. Dr. José Elias Tomazini	
PROJECTO DE UM SIMULADOR PARA ENSAIOS DE FADIGA DE PRÓTESES DE ANCA DE ACORDO COM A NORMA ISO 7206-3	97
R. Diogo, F. Q. Melo e J. A. Simões	
ESTUDO DINÂMICO DE UMA ESTRUTURA DE SUPORTE DA CUBA DE UM PROTÓTIPO DE UMA MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	99
S. M. Coelho, J. D. Duarte, R. A. Moreira e J. A. Simões	
DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE NOVOS MODELOS NUMÉRICOS E DE INTERPRETAÇÃO QUANTITATIVA NA ANÁLISE DOS EFEITOS DO TEMPO EM BARRAGENS DE BETÃO	103
Sérgio Oliveira	
AVALIAÇÃO DO ACABAMENTO SUPERFICIAL OBTIDO NO TORNEAMENTO DE UM COMPÓSITO DE MATRIZ POLIMÉRICA	105
J. Paulo Davim, Pedro Madaleno e Pedro Reis	
SIMULAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA CAIXA TRANSFER	107
Martins, R.; Seabra, J.	
INFLUÊNCIA DO REFORÇO (30% DE FIBRAS DE VIDRO) EM OPERAÇÕES DE MAQUINAGEM NO PEEK – ESTUDO PRELIMINAR	109
Vitor Lapa, J. Paulo Davim e C. Conceição António	
ANÁLISE EXPERIMENTAL DE CENÁRIOS DE ROTURA EM FUNDAÇÕES DE BARRAGENS DE BETÃO	111
Jorge P. Gomes e C. A. B. Pina	
VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM MODELO TEÓRICO PARA CÁLCULO DE ELEVADOS GRADIENTES TÉRMICOS EM ESTRUTURAS DE PAREDE FINA	113
Fonseca, E.M.M.; Oliveira, C.A.M.; Melo, F.Q.	
DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DAS FORÇAS DE CONTACTO ENTRE RODA E CARRIL, EM VEÍCULOS FERROVIÁRIOS, EM CONDIÇÕES REAIS DE FUNCIONAMENTO	115
Júlio Montalvão e Silva, João Duarte Silva, Lamy Figueiras, João Diogo Marques e António Pereira	
EFEITO DA CARGA NORMAL NO COMPORTAMENTO EM FRETTING DO AÇO EN S355 MC	117
Helena Serrano e A. Ramalho	
MODELOS COMPUTACIONAIS E EXPERIMENTAIS PARA A ANÁLISE E PROJECTO DE PRÓTESES DA ANCA	119
P. Fernandes, J. Folgado e H. Rodrigues	

DESENVOLVIMENTO DE UMA PRÓTESE DE ANCA PARA A MEDIÇÃO <i>IN VITRO</i> DE EXTENSÕES E TEMPERATURAS	123
R. Melo, J. Ferreira e J. A. Simões	
A HISTÓRIA DA BIOMECÂNICA	125
J. A. Simões	
DETERMINAÇÃO DE EXTENSÕES DINÂMICAS SOBRE UMA MANDÍBULA CADAVÉRICA	127
L. Carvalho, M. S. C. Saraiva, J. A. Simões, M. A. P. Vaz	
COMPARAÇÃO DO CAMPO DE DESLOCAMENTOS DE UM FÉMUR INTACTO E COM UMA PRÓTESE DO TIPO <i>PRESS-FIT</i>	129
J. A. Guedes, J. Monteiro, M. A. P. Vaz, J. A. Simões	
INFLUÊNCIA DA RIGIDEZ MATERIAL DA PRÓTESE FEMORAL NAS MICROEXTENSÕES DESENVOLVIDAS NA SUPERFÍCIE DO FÉMUR	131
Vieira, A., Reis, J., Marques, A. T., Simões, J. A.	
AValiação DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DE BETÕES DE ELEVADO DESEMPENHO COM CINZAS VOLANTES	135
Camões, Aires; Barros, Joaquim; Barroso de Aguiar; Magalhães, Miguel	
ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA COM PELÍCULA DE SENSOR	137
Carlos Alberto Szüics.	
A ESPECTROMETRIA ATÓMICA DE EMISSÃO POR PLASMA NA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE MATERIAIS	139
Ana Maria Esteves; Maria Eduarda Correia	
DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS RESISTENTES DE BETÕES PRODUZIDOS COM INERTES GROSSOS RECICLADOS	141
J. de Brito, J. R. Santos, A. P. Gonçalves, F. A. Branco	
CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO BETÃO EM COMPRESSÃO UNIAXIAL	143
Rui D. Neves	
IDENTIFICAÇÃO DAS CURVAS TENSÃO-DEFORMAÇÃO DA MADEIRA <i>PINUS PINASTER</i> , <i>AIT</i> . USANDO O ENSAIO DE FLEXÃO	145
Pereira, J. L.; Garrido, N. M.; Oliveira, J. M.; Morais, J. L.	
APLICAÇÃO DO ENSAIO DE FLEXÃO À DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES ELÁSTICAS DA MADEIRA <i>PINUS PINASTER AIT</i>	147
Garrido, N. M.; Oliveira, J. M.; Pereira, J. L.; Morais, J. L.	
ENSAIO DE FLEXÃO EM ESTRUTURA DE PAREDES FINAS REFORÇADAS	149
José Manuel Gordo e Carlos Guedes Soares	
CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE MATERIAIS SOB ELEVADAS TAXAS DE DEFORMAÇÃO	151
Ferreira, F.J.; Vaz, M. A. P.; Melo, F.Q.; Cime, J. M. S.	
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE SOLICITAÇÕES ESTÁTICAS AXIAIS NA PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE FLEXÃO	153
J. Sousa Cime, S. Cavaco, D. Lopes, R. Leal e N. Rilo	



## **Prefácio:**

A Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões (APAET) foi fundada no início da década de oitenta, do passado século, com o objectivo de divulgar e promover a utilização das técnicas de Mecânica Experimental entre a comunidade científica Portuguesa.

Para levar a cabo estes objectivos, a APAET organiza periodicamente um fórum nacional para a discussão e divulgação das descobertas mais recentes nas diversas áreas da Mecânica Experimental, reunindo investigadores das diferentes áreas do conhecimento relacionadas com este tema.

O primeiro e segundo encontros foram realizados nas instalações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), sede da APAET, nos anos de 1986 e 1990. No ano de 1994, a APAET foi responsável pela organização da 10<sup>th</sup> *International Conference on Experimental Mechanics*, intitulada "Recent Advances in Experimental Mechanics". Dado a grande participação da comunidade científica portuguesa neste evento, não foi realizado o habitual encontro nacional da APAET.

Em 1996 a APAET deu início à publicação da revista MECÂNICA EXPERIMENTAL, com objectivo fomentar a publicação de artigos originais e de qualidade que promovam a divulgação de informação e o intercâmbio científico e técnico entre os investigadores que nos seus trabalhos recorram a técnicas experimentais.

A organização do encontro da APAET foi retomada em 1999, tendo o terceiro fórum sido realizado nas instalações do LNETI, no Porto. A APAET decidiu então descentralizar a organização deste evento, tendo o IPB sido escolhido para organizar o quarto encontro. Organizado nas instalações da Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, este encontro reuniu setenta comunicações, envolvendo 141 autores nacionais e estrangeiros.

A organização gostaria de exprimir o seu agradecimento aos autores pelas suas contribuições, bem como, às comissões organizadora e científica. Ao mesmo tempo, gostaríamos de agradecer o apoio e patrocínio das instituições para a realização deste encontro.

## **Preface:**

*The Portuguese Association for Experimental Stress Analysis (APAET) was founded in the beginning of the eighties in the last century, with the objective of promoting the application of Experimental Mechanics techniques between the Portuguese scientific community. To reach this objective, APAET organizes periodically a national conference for discussion and divulgation of the recent advances in this field.*

*The first and second APAET conferences were organized in Lisbon in the APAET headquarters located in LNEC facilities, during the years 1986 and 1990. In the year 1994 APAET was responsible for the organization of the 10<sup>th</sup> International Conference on Experimental Mechanics, intitled "Recent Advances in Experimental Mechanics". Due to the grate participation of the Portuguese researchers in this event, the national congress was not organized.*

*In the year 1996 APAET decided to start the publication of a national journal of Experimental Mechanics (Mecânica Experimental), with the goal of promoting and spread original and quality papers that were published by researchers working on this field.*

*The organization of the APAET conferences was restarted in the year of 1999. The third national congress was organized in LNETI facilities, located in Oporto. APAET has decided to decentralize this event, being IPB (Polytechnic Institute of Bragança) chosen to organize the 4<sup>th</sup> congress that will be held in Technological and Management Superior School. This event reached 70 communications from 141 different national and foreign authors.*

*We would like to express our thanks to the authors for their contributions and to the scientific and organizing committee. Furthermore, we wish to express our gratitude to the sponsoring organizations for their commitment and support to this meeting.*