



70^o Congresso Nacional de Mecânica Experimental

APAET 2008

Abílio M.P. de Jesus & Jorge T.Q.S. Pinto (Eds.)



Universidade de
Trás-os-Montes e Alto Douro

**7º Congresso Nacional de Mecânica Experimental
APAET 2008**

UTAD, Vila Real, Portugal, 23-25 de Janeiro de 2008

Livro de Resumos/ Abílio M.P. de Jesus, Jorge T.Q.S. Pinto (Eds.)

© 2008 APAET – Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões/
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa
Tel: 21 844 3238; Fax: 21 844 3023; e-mail: apaet@lnec.pt; <http://www-ext.lnec.pt/APAET/>

Capa:

Design de Abílio M.P. de Jesus

Fotos: cima para baixo – ensaio de ligação de madeira com corte duplo e cavilha única (Santos, C.L.; Jesus, A.M.P.; Morais, J.J.L.) – ensaio DCB de tecido ósseo cortical (Morais, J.J.L.; Dourado, R.) – ensaio iosipescu aplicado à madeira de *Pinus Pinaster* (Xavier, J.M.C.; Morais, J.J.L.) – instrumentação da tubuladura de reservatório (Jesus, A.M.P).

Impresso por: Sector Gráfico da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Depósito Legal: 269753/08

ISBN: 978-972-669-851-7

CONGRESSO NACIONAL DE MECÂNICA EXPERIMENTAL, 7º, Vila Real, 2008

Congresso Nacional de Mecânica Experimental: Livro de resumos / ed.
Abílio M. P. de Jesus, Jorge T. Q. S. Pinto. – Lisboa: APAET, 2008.

ISBN 978-972-669-851-7

D.L.:PT 269753/08

I – Jesus, Abílio M. P. de, (ed. lit.) II – Pinto, Jorge T. Q. S., (ed. lit.)

1-Mecânica experimental — Congressos

CDU 62

061.3(469.202)"2008"

IMPRESSO EM PORTUGAL

Comissão Organizadora

Arlindo Gonçalves (LNEC)
João Ferreira (IST)
Joaquim Silva Gomes (FEUP)
José Cirne (FCTUC)
José Morais (UTAD) - Presidente
Mário Santos (INETI)
Mário Vaz (FEUP)
Paulo Piloto (IPB)

Comissão Executiva

Abílio de Jesus (UTAD)
Jorge Pinto (UTAD)
Marcelo Oliveira (IPV)

Comissão Científica

Abílio de Jesus (UTAD)
Alfredo Balacó de Morais (U Aveiro)
Alfredo Ribeiro (UTAD)
Álvaro Cunha (FEUP)
António Correia da Cruz (ISQ)
António Sousa Miranda (UM)
António Torres Marques (FEUP)
Elsa Sá Caetano (FEUP)
Elza Fonseca (IPB)
Ema Coelho (LNEC)
Francisco Queirós de Melo (U Aveiro)
Graça Vasconcelos (UM)
Humberto Varum (U Aveiro)
Joaquim Barros (UM)
Joaquim Figueiras (FEUP)
Joaquim Silva Gomes (FEUP)
Jorge Pinto (UTAD)
Jorge Seabra (FEUP)
José Dias Rodrigues (FEUP)

José Domingos Costa (FCTUC)
José Reis Campos (FMDUP)
José Simões (U Aveiro)
Júlio Montalvão e Silva (IST)
Luis Simões da Silva (FCTUC)
Manuel Freitas (IST)
Marcelo Moura (FEUP)
Maria João Barros (U Açores)
Mário Santos (INETI)
Mário Vaz (FEUP)
Nuno Rilo (FCTUC)
Paulo Cruz (UM)
Paulo Lourenço (UM)
Paulo Piloto (IPB)
Paulo Tavares de Castro (FEUP)
Rui Carneiro de Barros (FEUP)
Rui Faria (FEUP)
Rui Guedes (FEUP)
Rui Simões (FCTUC)

Índice

Ensaio "Push-out" para Vigas Parcialmente Embebidas com Betão <i>Piloto, P.A.G.; Gavilán, A.B.R.; Mesquita, L.M.R.</i>	1
Desenvolvimento de Reforço Sísmico Usando FRP: Aplicação a um Pilar Pré-Fabricado de Betão <i>Oliveira, D.V.; Costa, B.; Loureiro, C.; Coelho, N.; Moreira, N.</i>	5
Confinamento de Pilares de Betão Armado Reforçados Total e Parcialmente com Mantas de CFRP Submetidos a Carregamentos Cíclicos de Compressão <i>Ferreira, D.; Barros, J.</i>	9
Caracterização Experimental e Modelação Numérica da Ligação GFRP/Betão <i>Biscaia, H.E.C.; Silva, M.G.; Rodrigues, C.C.</i>	13
Taper Roller Bearings Lubricated with Bio-Greases <i>Graça, B.M.; Campos, A.J.V.; Seabra, J.H.O.</i>	17
The Prediction of Micropitting Initiation on Gear Teeth: a Numerical Model and its Correlation with Experimental Data <i>Brandão, J.A.; Seabra, J.O.; Castro, M.J.</i>	21
Abertura de Novas Superfícies no Corte Ortogonal <i>Silva, C.M.A.; Rosa, P.A.R.; Martins, P.A.F.</i>	25
Avaliação Experimental da Condição Tribologia no Corte Ortogonal <i>Cristino, V.A.M.; Rosa, P.A.R.; Martins, P.A.F.</i>	29
O Efeito da Dureza de um Aço no Coeficiente de Desgaste do Eléctrodo no Processo de Electroerosão <i>Araújo, A.; Marafona, J. D.</i>	33
Módulo de Young – Comparação de Metodologias de Medição <i>Sousa, C.; Restivo, M.T.; Rodrigues, J.D.; Lopes, A.M.; Chouzal, M.F.; Mendes, J.G.</i>	37
Modal Sensing of Beams via Spatially Shaped Distributed Piezoelectric Transducers <i>Vasques, C.M.A.; Rodrigues, J.D.</i>	41
A Phenomenological Model of Passive Control of Vibrations of Beams via Shunted Piezoelectric Transducers <i>Stahlhofer, L.R., Vasques, C.M.A.; Rodrigues, J.D.</i>	45
Desenvolvimento e Validação de um Protótipo de Ensaio para Caracterização Experimental de Materiais Viscoelásticos <i>Moreira, R.A.S.; Martins, R.O.; Silva, J.; Rodrigues, J.D.</i>	49

Dynamic Strain Measurement in Composite Laminate Using an Embedded EFPI Sensor/PZT Actuator Hybrid System <i>Oliveira, R.; Ramos, C.A., Marques, A.T.</i>	53
Um Algoritmo de Newmark Baseado no Método das Forças para Uso em Testes Pseudo-Dinâmicos <i>Melo, F.J.Q.; Martins, R.O.; Vaz, M.A.P., Ferreira, J.A.F.</i>	57
Instrumentação e Monitorização de Torres Eólicas <i>Rebello, C.A.S.; Simões, R.A.D.; Silva, L.S.</i>	61
Medição de Tensões Residuais não Uniformes em Profundidade com Moiré Interferométrico <i>Ribeiro, J.; Monteiro, J.; Vaz, M., Lopes, H.; Piloto, P.</i>	65
Utilização da Técnica ESPI para a Detecção de Defeitos em Placas Compósitas <i>Rocha, E.; Amaro, A.M.; Monteiro, J.M.</i>	69
Novo Método de Tratamento de Resultados Aplicado ao Ensaio DCB na Madeira <i>Moura, M.F.S.F.; Morais, J.J.L.; Dourado, N.</i>	73
Modelação por Elementos Finitos de Vigas de Madeira Reforçadas com Lâminas de Carbono <i>Pinto, J.M.T.; Jesus, A.M.P.; Pinto, J.T.Q.S.; Morais, J.J.L.; Lousada, J.L.P.C.</i>	77
Determinação da Condutividade Térmica Efectiva de Tintas Intumescentes <i>Mesquita, L.M.R.; Piloto, P.A.G.; Vaz, M.A.P.; Pinto, T.</i>	81
Processo de Monitorização Adoptado na Reconstrução do Pano de Muralha SE do Baluarte do Cavaleiro em Chaves <i>Pinto, J.; Varum, H., Guedes, J.; Morais, J.</i>	85
Ensaio Experimental de uma Arcada de um Ascensor de Elevação Hidráulica <i>Roseiro, L.M.S.; Leal, R.A.C.P.; Pinto, L.; Rilo, N.F.</i>	89
Estudos Experimentais em Ligações Estruturais Coladas Madeira-Vidro <i>Cruz, P.J.S.; Pequeno, J.M.B.</i>	91
Comportamento Semi-Rígido de Ligações Tradicionais de Madeira <i>Branco, J.M.; Cruz, P.J.S.; Piazza, M.; Varum, H.</i>	95
Desenvolvimento de uma Técnica de Reforço do Esmagamento Localizado em Ligações Tipo Cavilha <i>Santos, C.L.; Jesus, A.M.P.; Morais, J.J.L.; Lousada, J.L.P.C.</i>	99
Caracterização Mecânica de Toros de Madeira Lamelada Colada <i>Branco, J.M.; Cruz, P.J.S.</i>	103
Modelação e Ensaio de uma Estrutura Lamelar de Madeira para Cobertura Cilíndrica <i>Lopes, G.M.; Carvalho, N.R.F.; Mata, R.C.; Barros, R.C.; Teixeira, F.F.; Mariz, M.C.G.</i>	105
Levantamento das Patologias e Monitorização do Arco-Cruzeiro da Igreja da Misericórdia de Aveiro <i>Varum, H.; Vicente, R.; Rodrigues, H.; Fernandes, C.; Costa, A.; André, P.; Nogueira, R.; Lima, H.; Abe, I.; Pinto, J.L.</i>	109

Monitorização do Comportamento do Betão nas Primeiras Idades: Validação Experimental de Modelos Numéricos <i>Ferreira, D.; Azenha, M.; Faria, R.</i>	113
Validação Numérica da Resposta Cíclica Experimental de Pórticos de Betão Armado <i>César, M.T.B.; Oliveira, D.V.; Barros, R.C.</i>	117
Avaliação Experimental da Aderência de Juntas de Alvenaria de Blocos de Betão <i>Vasconcelos, G.; Lourenço, P.B.; Haach, V.G.</i>	121
Influence of the Mortar on the Compressive Behavior of Concrete Masonry Prisms <i>Haach, V.G.; Vasconcelos, G.; Lourenço, P.B.; Mohamad, G.</i>	125
Estudo Numérico sobre a Influência do Esforço Axial no Comportamento de Isoladores de Base do Tipo HDRB <i>César, M.T.B.; Barros, R.C.</i>	129
Fatigue Damage Behaviour of Structural Components under Variable Amplitude Loading <i>Pereira, H.F.S.G.; Jesus, A.M.P.; Ribeiro, A.S.; Fernandes, A.A.</i>	133
Análise de Vibrações Mecânicas em Linhas Férreas de Trens de Metro através de Procedimentos Experimentais, Modelagem Matemática e Computacional <i>Freitas, E.S.; Sousa, E.A.C.;</i>	137
Análise de Estrutura Flexível Submetidas à Materiais Viscoelásticos <i>Sousa, E.A.C.; Queiroz, J.A.S.</i>	143
Dynamic Analysis and Structural Evaluation of Góis Footbridge <i>Cruz, P.J.S.; Salgado, R.; Branco, J.M.</i>	144
Avaliação Experimental da Eficiência de TMDs para Controlo de Vibrações Laterais da Ponte Pedro e Inês <i>Caetano, E.; Cunha, A.; Silva, J. M.; Freitas, F.</i>	151
Sistema de Visão Artificial para Monitorização de Vibrações em Tirantes de Pontes <i>Silva, S.; Bateira, J.; Caetano, E.</i>	153
Modelação das Vibrações Induzidas pela Passagem de Comboios de Alta Velocidade <i>Palácio, A.; Silva, M.A.G.; Antão, A.N.; Silva, J.M.M.</i>	157
Overview of Recent Portuguese Research on Fatigue Behaviour of Ancient Portuguese Riveted Steel Bridges <i>Correia, J.A.F.O. ; Jesus, A.M.P.; Figueiredo, M.A.V.; Ribeiro, A.S.; Fernandes, A.A.</i>	161
Análise Experimental da Rotura pela Fundação de uma Barragem Abóbada <i>Gomes, J.P.; Lemos, J.V.; Pina, C.B.</i>	165
Modelação Numérica e Experimental da Rotura pela Fundação de uma Barragem Gravidade para Acções Dinâmicas <i>Gomes, J.P.; Lemos, J.V.; Pina, C.B.</i>	169
Caracterização do Comportamento à Fractura em Modo I do Tecido Ósseo Cortical <i>Batista, J.F.; Morais, J.L.; Dourado, N.M.; Moura, M.F.; Dias, M.I.; Azevedo, J.T.</i>	173

Estudo da Influência do Comportamento Viscoelástico do Osso e do Cimento na Distribuição de Tensões na Prótese de Anca <i>Nabais, C.; Guedes, R.M.; Simões, J.A.</i>	177
Análise Numérica e Experimental da Migração da Componente Femoral de uma Prótese da Anca <i>Fernandes, P.R.; Folgado, J.; Simões, J.A.</i>	181
Sistema Integrado de Fabrico de Implantes Anatomicamente Adaptados <i>Relvas, C.; Simões, J.A.</i>	183
Avaliação da Resistência do Colo do Fémur Utilizando o Modelo de Elementos Finitos <i>Teixeira, C., Fonseca, E., Barreira, L.</i>	187
Caracterização de cavilhas de fixação intra-medulares de estabilização de fracturas ósseas à flexão e torção <i>Ramos, A., Simões, J.A.</i>	191
Caracterização Experimental do Escoamento de um Cimento Ósseo num Canal de Dimensões Reduzidas <i>Simões, J. A., Martins, N., Completo A., Clemente, C. M.</i>	195
Aquisição e Tratamento de Imagem Aplicada à Modelagem de Estruturas Ósseas <i>Sousa, E.A.C.; Marques, A.S.</i>	199
Imagens Tomográficas Biomédicas Aplicadas à Prototipagem Rápida e à Criação de Modelos Numéricos <i>Sá, J.; Barreira, L.; Fonseca, E.; Teixeira, C.</i>	203
Medição de Forças de Corte no Pé com Sapato Instrumentado <i>Marques, M.A.; Viriato, N.; Vaz, M.A.; Ribeiro, R.</i>	207
Modelação do Pé para Estudo de Tensões Internas Localizadas <i>Marques, M.A.; Nabais, C.; Viriato, N.; Ribeiro, R.; Vaz, M.A.P.</i>	211
Water Degradation Study of Fibers of Different Aliphatic Polyesters <i>Vieira, A.F.C.; Marques, A.T.; Guedes, R.M.</i>	215
Estudo Preliminar da Cinemática da Locomoção de Crianças em Idade Escolar Transportando Mochilas às Costas <i>Rocha, J.; Barbosa, T.M.</i>	219
Influência dos Tecidos Gengivais na Micromobilidade do Sistema Dente/Periodonto. Estudo Experimental <i>Bernardo, N.; Completo, A.; Simões, J.A.; Ferreira, J.</i>	223
Estudo Biomecânico das Tensões Exercidas pelas Molas Ortodônticas sobre as Estruturas Dentárias <i>Machado, C.B.; Vaz, M.P.; Campos, J.R.; Correia, A.</i>	227
Simulação Numérica do Comportamento de uma Mandíbula Humana Durante Actividade Mastigatória <i>Piloto, P.; Ribeiro, J.; Campos, J.C.R.; Correia, A.; Vaz, M.</i>	231
Análise Experimental de Tensões em Conectores de Próteses Fixas Dentárias Tipo Cantilever	

<i>Correia, A.; Fernandes, J.C.S.; Campos, J.C.R.; Vaz, M.A.; Viriato, N.</i>	235
Erosão Laser 3D – Tecnologia de Micromaquinação <i>Silva, A.J.; Dias, S.A.S.; Osório, A.M.B.A.</i>	239
Dynamic Behavior of Sandwich Plates with Cork Compound Cores: Modeling and Characterization <i>Silva, J.S.; Moreira, R.A.S.; Rodrigues, J.D.</i>	243
Avaliação Estrutural do Aço Rápido M3/2 Sinterizado através da Tecnologia DMLS <i>Esperto, L., Martins, I.M., Santos, M.</i>	247
Implementação do Método de “Oberst” para Medição de Amortecimento em Compósitos de Cortiça com Borracha Sintética <i>Cláudio, R.A.; Nunes, N.N.; Sequeira, A.; Silva, L.; Martins, C.</i>	251
Experimental Characterization of the Compressive Behavior of Granites <i>Vasconcelos, G.; Lourenço, P.B.</i>	255
Fatigue Crack Growth Behaviour of the Friction Stir Welded 6082-T6 Aluminium Alloy <i>Moreira, P.M.G.P.; Jesus, A.M.P.; Ribeiro, A.S.; Castro, P.M.S.T.</i>	259
Desenho de Experiências - Estratégias <i>Domingues, R., Oliveira, F.A.C.; Esperto, L.</i>	263
Influência da Humidade e do Envelhecimento Físico no Comportamento Elástico de um Époxido <i>Custódio, P.M.C.; Tranchete, T.M.; Morais, J.J.L.; Guedes, R.J.M.; Xavier, J.M.C.</i>	267
Influência dos Parâmetros de Maquinagem no Dano de Placas Compósitas <i>Durão, L.M.P.; Magalhães, A.G.; Marques, A.T., Tavares, J.M.R.S.</i>	271
Caracterização Mecânica Experimental de Ladrilhos Cerâmicos de Revestimento <i>Rilo, N.F.; Pereira, R.A.T.R.; Dias, A.B.; Leal, R.A.C.P.</i>	275
Residual Stress Evaluation of a Mig Welded Plate Using the Sectioning Method and the Hole Drilling Method <i>Moreira, P.M.G.P.; Richter-Trummer, V.; Silva, R.A.M.; Figueiredo, M.A.V.; Castro, P.M.S.T.</i>	277
Estudo do Dano em Tubos de Matriz Termoplástica Reforçada com Fibras Contínuas <i>Correia, S.M.; Silva, J.F.; Monteiro, J.; Nunes, J.P.; Marques, A.T.</i>	281
Characterisation of the Radial Variability of Stiffness Parameters of P. Piaster by the Virtual Fields Method <i>Xavier, J.; Avril, S.; Pierron, F.; Morais, J.</i>	285
Comportamento Estático e à Fadiga de Juntas Coladas com Perfis Pultrudidos <i>Ribeiro, A.S.; De Jesus, A.M.P.; Ferreira, A.J.M.; Pereira, A.H.C.</i>	289

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO DE UMA MANDÍBULA HUMANA DURANTE ACTIVIDADE MASTIGATÓRIA

P. Piloto¹, J. Ribeiro¹, J. C. Reis Campos², A. Correia², M. Vaz³

¹IPB, Instituto Politécnico de Bragança

²FMDUP, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

³FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



RESUMO

A mandíbula humana é um dos ossos, cujo estudo é mais difícil de analisar, pois combina, com uma elevada sofisticação, uma complexa geometria com elementos anatómicos que incluem osso cortical e esponjoso, tecido dentário, ligamentos, nervos e vasos sanguíneos. Neste trabalho pretende-se estudar o seu comportamento, simulando a actividade mastigatória, com elementos finitos tetraédricos, recorrendo aos conhecimentos da anatomia humana, e impondo condições de fronteira que se aproximam do seu comportamento durante este processo [Al-Sukhum (2007)].

1- INTRODUÇÃO

O primeiro modelo tridimensional de uma mandíbula humana foi desenvolvido por Gupta et al (1973), utilizando um modelo não estruturado com poucos elementos finitos. Em 1987, Ben-Nissan desenvolve nos seus trabalhos de doutoramento o primeiro modelo anatómico tridimensional com geometria completa.

Os modelos que se seguiram e que serviram para melhorar o comportamento real dos materiais e a sua geometria, apresentam características de sobre constrangimento estrutural e alguns destes apresentam insuficiente descrição anatómica. Recentes desenvolvimentos na caracterização da acção muscular e na determinação das propriedades materiais dos tecidos e dos ossos, têm permitido melhorar as condições da simulação numérica.

Neste trabalho são descritas algumas abordagens de modelação realizadas para obter um modelo discreto e simular numericamente o comportamento mecânico de uma mandíbula humana desdentada (fig. 1).

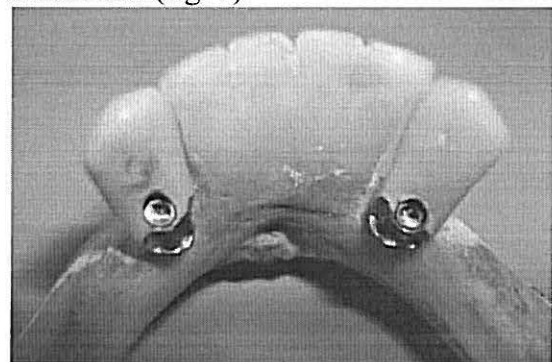


Fig. 1 – Mandíbula humana com dentes no sector anterior (implantes dentários nos dentes 33 e 43).

Para a obtenção da geometria tridimensional e numa primeira abordagem, recorreu-se a uma técnica de prototipagem, designada por *plane slicing*, sendo a mandíbula moldada em silicone e

reproduzida em modelos de poliéster, [Reis Campos (2005)]. Um destes modelos foi cortado em fatias e convertido em contornos por varrimento num *scanner* convencional. A segunda abordagem recorreu a um varrimento da mandíbula num equipamento de tomografia computadorizada, submetida a um processo de segmentação e filtragem, utilizando um programa de processamento de imagem (fig. 2).

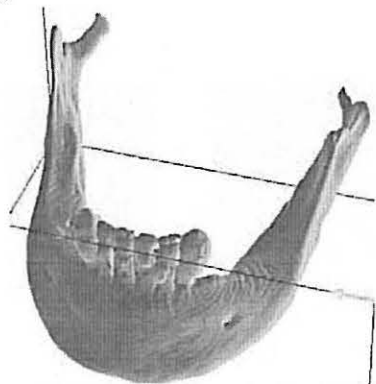


Fig. 2 – Modelo da mandíbula humana.

O modelo da mandíbula de um adulto desdentado foi importado para o programa de análise por elementos finitos (Ansys®), impondo as condições de simulação de mordida. Nestas condições, existe principal intervenção da acção dos músculos da mastigação, a considerar o músculo masseter, temporal e o pterigoideu medial. As forças representativas destas acções foram retiradas do trabalho apresentado por Inou (2004), encontrando-se representadas no modelo numérico da figura 3.



Fig. 3 – Modelo parcial de uma mandíbula humana.

A força de mordida foi igualmente dividida pelos 6 dentes existentes, considerando o modelo articulado na superfície convexa do côndilo e o efeito desprezável do músculo digástrico para

equilíbrio das restantes forças musculares, admitindo condições de simetria em relação ao plano sagital. Na tabela 1 estão definidos os valores das forças musculares do modelo, sendo o valor da força de mordida estimada em função da equação de equilíbrio de momentos em relação ao côndilo, [Nickel (2003)].

Tabela 1 – Forças aplicadas no modelo (unilateral).

Força Muscular	Valor [N]
Mordida	220
Temporal	235
Masseter	151
Pterigoideu medial	145

Os materiais foram assumidos isotrópicos, considerando osso cortical com módulo de elasticidade (E) igual a 13.6 [GPa] e coeficiente de poisson (μ) igual a 0.3, espigões de titânio com E= 110 [GPa] e $\mu=0.35$ e dentes artificiais em cerâmica com E=2.26 [GPa] e $\mu=0.45$, [Renato Camargo (2005)]. Os materiais foram considerados com contacto perfeito.

2 – RESULTADOS

O modelo gerado reproduz com precisão a morfologia e a geometria da mandíbula em estudo.

Para além dos estudos apresentados sobre a análise tensorial em actividade da mandíbula humana, [Akca (2001), Hirabayashi (2002)], este trabalho pretende apresentar valores de tensões determinados na zona dos implantes e no maxilar. Estes valores poderão ser relacionados com os valores biológicos indicados para a regeneração óssea e com o limite resistente indicado para cada material (fig. 4).

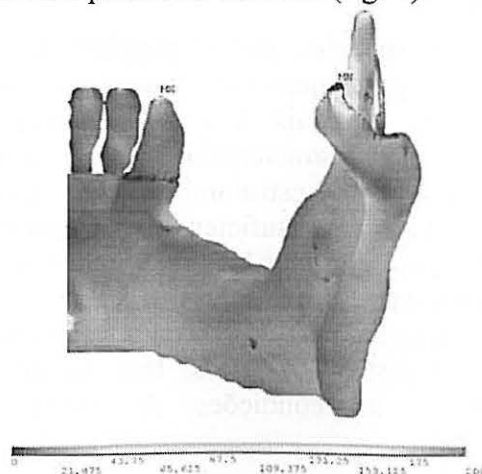


Fig. 4 – Valores de tensões equivalentes [MPa].

Os valores máximos das tensões são determinados na zona de influência da acção do músculo temporal.

A análise de deformação da mandíbula é significativamente importante para a reabilitação com implantes dentários nos pacientes, onde a interface osso-implante fica submetida a ligações rígidas (osteointegração) responsáveis pelo aparecimento de elevados gradientes de tensões. A deformação excessiva do maxilar e as deformações resultantes podem induzir à perda de um implante.

Na figura 5 encontra-se representado o estado deformado da mandíbula.

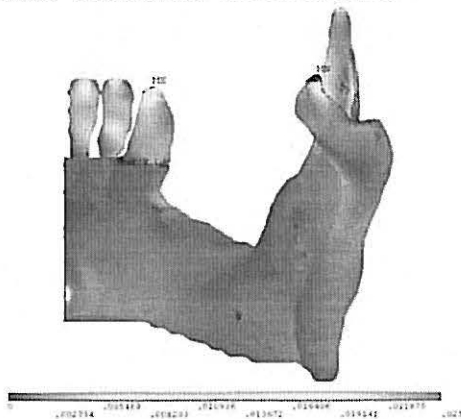


Fig. 5 – Deformação equivalente.

A análise de deformação do maxilar também pode ser importante para solução de problemas de moldação, condicionados pela condição de referência em que esta é efectuada (aberta /fechada). Este problema pode ser ultrapassado pela reprodução ou impressão tridimensional de modelo real, utilizando sistemas adequados.

3 - CONCLUSÕES

O modelo em estudo foi gerado a partir da geometria real de um paciente desdentado, com implantes dentários no sector anterior da mandíbula. A geometria foi construída por tomografia computacional, sendo ainda possível efectuar a respectiva impressão tridimensional. A aplicação de modelos computacionais em situações de engenharia biomédica possibilita o estudo de soluções mais adequadas ao caso do paciente.

Os resultados permitem avaliar o comportamento dos implantes e da estrutura mandibular na situação simulada da actividade mastigatória.

REFERÊNCIAS

- Al-Sukhun, J. and Kelleway, J. "Biomechanics of the Mandible: Part II. Development of a 3-Dimensional Finite Element Model to Study Mandibular Functional Deformation in Subjects Treated with Dental Implants", *The Inter. Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 22: (3), 455-466, 2007.
- Gupta KK, Knoell AC, Grenoble DE; "Mathematical modelling and structural analysis of the mandible"; *Biomater Med Devices Artif Organs*, 1973, 1: 468-479.
- Ben-Nissan B.; "Three Dimensional Modelling and finite element distortion analysis of mandible"; PhD thesis, University of New South Wales; Sidney, 1987.
- Campos, J. C. Reis "Estudo Mediante Procedimentos Holográficos de Extensometria e Fotoelasticidade das Zonas de Pressão nas Extensões Distais das Próteses Parciais Removíveis", Tese de Doutoramento, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, 2005.
- Inou N., Koseki M., Tanizaki H., Maki K.;" Development of the support system for individual stress analysis of a boné", proceedings of *Computer Methods in Biomechanics & Biomedical Engineering - 5*, 109A(CD-ROM), Madrid, 2004.
- Nickel, J.C.; Iwasaki, L.R.; Walker, R.D., McLachlan, K.R.; McCall Jr., W.D.; "Human Masticatory Muscle Forces During Static Biting"; *Journal Dent. Res.* 82 (3), 212-217, 2003.
- Renato Camargo; "Análise comparativa pelo método dos elementos finitos bidimensional das tensões geradas nas (...)"; dissertação apresentada à Faculdade de odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre, Brasil, 2005.
- Akca K., Iplikcioglu H.; "Finite Element Stress Analysis of the influence of staggered versus straight placement of dental implants"; *Int Journal Maxillofac. Implants*, 16: pp. 722-730, 2001.
- Hirabayashi M, Motoyoshi M., Ishimaru T., Kasai K, Namura S.; "Stresses in mandibular cortical bone during mastication: biomechanical considerations using a three dimensional finite element method"; *Journal Oral Sci*, 44: pp. 1-6, 2002.