

**CLME'2011 / III CEM**

**A ENGENHARIA  
COMO ALAVANCA  
PARA O DESENVOLVIMENTO  
E SUSTENTABILIDADE**

**Editores**

---

J.F. Silva Gomes, Carlos C. António  
Clito F. Afonso e António S. Matos

**EDIÇÕES INEGI**

## Sobre o Livro

A população mundial é actualmente superior a seis mil milhões de pessoas. O Planeta Terra está sobrelotado, consome-se demasiado e isso traduz-se numa devastação acelerada dos recursos ainda disponíveis. E hoje universalmente reconhecido e aceite que os sistemas naturais estão a ser constantemente alterados pelo homem a uma velocidade estonteante e absolutamente insustentável. Para lidar com estes problemas que ameaçam tão drasticamente a sustentabilidade do nosso planeta, três questões se levantam: (i)-A primeira questão consiste em saber se será possível satisfazer as necessidades básicas relativamente ao abastecimento de água potável, saneamento, alimentação, saúde, segurança e trabalho digno para todos os seres humanos, sem alterar as condições de equilíbrio do nosso eco-sistema. Tais compromissos estão bem caracterizados no documento "The Millenium Development Goals", subscrito por todos os 192 países membros das Nações Unidas e mais de 23 organizações internacionais, em Assembleia Geral da Nações Unidas em 18 de Setembro de 2000. (ii)-A segunda questão diz respeito ao papel que os engenheiros e profissionais de engenharia podem desempenhar na restauração deste mundo tão esgotado. Certamente que, com a nossa capacidade de inovação e criação, temos uma responsabilidade colectiva para com o bem-estar dos seres humanos e a preservação dos recursos naturais da Terra. (iii)-Finalmente, a terceira questão tem a ver com a educação/formação dos actuais e dos futuros engenheiros.

Neste contexto, e sob o tema geral "A Engenharia como Alavanca para o Desenvolvimento e Sustentabilidade", a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, em associação com as Ordens dos Engenheiros de Portugal e de Moçambique, realizam a sexta edição do Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia em conjunto com o 3º Congresso de Engenharia de Moçambique, que decorre em Maputo, Moçambique, de 29/Ago a 2/Set de 2011.

Para este 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 3º Congresso de Engenharia de Moçambique foram recebidos mais de 600 propostas de comunicações, tendo sido seleccionadas 462 artigos para apresentação durante o Congresso, cujos textos são publicadas no presente Livro de Resumos e no CD-ROM complementar que constituem os Proceedings do Congresso. Os artigos seleccionados resultam da contribuição de um total de mais de mil autores oriundos não só de Portugal e Moçambique, na sua maior parte, mas também do Brasil e de outros países Africanos e do Mundo. O Congresso inclui também a apresentação de seis Conferências Plenárias, por reputados especialistas convidados, sobre temas importantes e actuais da engenharia mundial.



ISBN: 978-972-8826-23-9

Edição e Distribuição

INEGI-Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial  
Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal  
Tel:+351 22 957 87 10; Email: [inegi@inegi.up.pt](mailto:inegi@inegi.up.pt)  
[www.inegi.up.pt](http://www.inegi.up.pt)

Agosto, 2011

ISBN: 978-972-8826-23-9

Depósito Legal: 276743/11

Execução Gráfica: LusolImpress (Grupo Claret)  
Rua Venceslau Ramos, s/n – 4430-929 Avintes, Portugal  
Tel:+351 22 787 73 20; Fax:+351 22 787 73 29

---

*Reservados todos os direitos de harmonia com a lei.*

*Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, guardada pelo sistema "retrieval" ou transmitida por qualquer meio, seja electrónico, mecânico, gravação ou outro, sem autorização prévia por escrito dos editores.*

## Organização

*Faculdade de Engenharia da U. Porto*  
*Ordem dos Engenheiros de Portugal*

*Faculdade de Engenharia da UEM*  
*Ordem dos Engenheiros de Moçambique*

## Comissão Executiva

*Joaquim Silva Gomes*  
*(FEUP)*

*Clito Félix Afonso*  
*(FEUP)*

*Carlos Conceição António*  
*(FEUP)*

*António Santos Matos*  
*(FEUEM)*

## Comissão Organizadora

<i>A. Carmo Vaz</i>	<i>A. Machado e Moura</i>	<i>A. Silva Afonso</i>	<i>Abdul Faquir</i>
<i>Alexandra Neves</i>	<i>Alfredo S. Ferreira</i>	<i>Ana Maria Martins</i>	<i>Ana Virtudes</i>
<i>Anabela Alves</i>	<i>Anuré L. Aquere</i>	<i>Aníbal G. Costa</i>	<i>António F. Diogo</i>
<i>António Filiza</i>	<i>António Matos</i>	<i>Archimedes Rala Jr</i>	<i>Carla P. Rodrigues</i>
<i>Carlos C. António</i>	<i>Carlos Félix</i>	<i>Catarina F. Castro</i>	<i>Cátia R. Pinto</i>
<i>Celina P. Leão</i>	<i>Clito F. Afonso</i>	<i>Daniel Fumo</i>	<i>Eduardo Qualharini</i>
<i>Elza Fonseca</i>	<i>Fátima Artur</i>	<i>Feliciano Dias</i>	<i>Fernanda Ferreira</i>
<i>Fernando Branco</i>	<i>Fernando Caldeira</i>	<i>Filomena O. Soares</i>	<i>Franz-Josef Kahlen</i>
<i>Helena Neves</i>	<i>Humberto Varon</i>	<i>Isabel C. Gouveia</i>	<i>J. Mora Ramos</i>
<i>J. Reis Campos</i>	<i>J. Rodrigues Dias</i>	<i>J. Santos Baptista</i>	<i>J.F. Silva Gomes</i>
<i>Jerónimo Mithoque</i>	<i>João C. Lanzinha</i>	<i>João G. Ferreira</i>	<i>João M.F. Calado</i>
<i>João Marcelino</i>	<i>João Portugal</i>	<i>Joaquim I. Barbosa</i>	<i>Jorge Carvalho</i>
<i>Jorge Martins</i>	<i>José A. Carmo</i>	<i>José A. Rodrigues</i>	<i>José C. Teixeira</i>
<i>José D. Carvalho</i>	<i>José M. Cirne</i>	<i>L. Picado Santos</i>	<i>Lázaro Zuquete</i>
<i>Luis A. Pais</i>	<i>Luis B. Martins</i>	<i>Luis M. Pinto</i>	<i>Luisa P.C. Lopes</i>
<i>M. Graça Rasteiro</i>	<i>Madalena Moreira</i>	<i>Mmanuel R. Cordeiro</i>	<i>Marcilene Ferreira</i>
<i>Maria Amélia R. Laja</i>	<i>Maria José Abreu</i>	<i>Maria T. Restivo</i>	<i>Mário A.P. Vaz</i>
<i>Mário Forjaz Secca</i>	<i>Mário Talaia</i>	<i>Miguel Nepomoceno</i>	<i>Miguel P. Anado</i>
<i>Orlando Zebra</i>	<i>Paulo Cuchim</i>	<i>Paulo Carvalho</i>	<i>Paulo G. Piloto</i>
<i>Paulo Pereira</i>	<i>Pedro D. Silva</i>	<i>Pedro Sing Sang</i>	<i>Raquel P.F. Guiné</i>
<i>Raúl Figueiro</i>	<i>Reinaldo Lorandi</i>	<i>Rosa M. Miranda</i>	<i>Rui Compositinho</i>
<i>Rui M. Lima</i>	<i>Rui M. Sousa</i>	<i>Silva Magaia</i>	<i>Telmo Santos</i>

## Comissão Científica

<i>A. Barata da Rocha</i>	<i>A. Carmo Vaz</i>	<i>A. Castro Vide</i>	<i>A. Lopes Campos</i>
<i>A. Machado e Moura</i>	<i>A. Pires da Costa</i>	<i>A. Torres Marques</i>	<i>Abdul Faquir</i>
<i>Alberto Cardoso</i>	<i>Alexandra Neves</i>	<i>Alfredo S. Ferreira</i>	<i>Álvaro Cunha</i>
<i>Ana M. Segadães</i>	<i>Ana Maria Martins</i>	<i>Ana Virtudes</i>	<i>Amabela Alves</i>
<i>André L. Aquere</i>	<i>Anibal Costa</i>	<i>António F. Diogo</i>	<i>António J.M. Ferreira</i>
<i>António Navarro</i>	<i>Archimedes Raia Jr.</i>	<i>Barbara Alves</i>	<i>C. Moita Soares</i>
<i>Carlos C. António</i>	<i>Carlos Félix</i>	<i>Carlos Rodrigues</i>	<i>Carlos V. Quadros</i>
<i>Carlos Varandas</i>	<i>Catarina F. Castro</i>	<i>Cátia R. Pinto</i>	<i>Celina P. Leão</i>
<i>Clito F. Afonso</i>	<i>Daniel A. Fumo</i>	<i>Diamantino Freitas</i>	<i>Elias Paulo</i>
<i>Elsa Caetano</i>	<i>Elza Fonseca</i>	<i>F. Veloso Gomes</i>	<i>Fátima Artur</i>
<i>Feliciano Dias</i>	<i>Feliciano Massingue</i>	<i>Fernanda Ferreira</i>	<i>Fernando Branco</i>
<i>Fernando Caldeira</i>	<i>Filomena O. Soares</i>	<i>Franz-Josef Kahlen</i>	<i>Gabriel L. Amós</i>
<i>Helder Araújo</i>	<i>Humberto Varum</i>	<i>J. Dinis Carvalho</i>	<i>J. Mova Ramos</i>
<i>J. Reis Campos</i>	<i>J. Rodrigues Dias</i>	<i>J. Santos Baptista</i>	<i>J. Silva Gomes</i>
<i>João A. Sousa</i>	<i>João Ferreira</i>	<i>João Gomes</i>	<i>João Lemus Pinto</i>
<i>João M. Tavares</i>	<i>João Marcelino</i>	<i>Joaquim S. Pinto</i>	<i>Jorge J.G. Martins</i>
<i>Jorge Lino Alves</i>	<i>Jorge Ntumbiri</i>	<i>Jorge O. Seabra</i>	<i>José A. Rodrigues</i>
<i>José Antunes do Carmo</i>	<i>José F. Gomes</i>	<i>José L. Esteves</i>	<i>José M. Cirne</i>
<i>José P. Vieira</i>	<i>Júlio B. Martins</i>	<i>Júlio M. Silva</i>	<i>L. Oliveira Santos</i>
<i>L. Picado Santos</i>	<i>Liliane Machado</i>	<i>Louis Pelembe</i>	<i>Lucas da Silva</i>
<i>Luis Amaral</i>	<i>Luis B. Martins</i>	<i>Luísa P.C. Lopes</i>	<i>M. Graça Modureira</i>
<i>M. Jossai Cumbi</i>	<i>M. Luísa Modureira</i>	<i>M. Pires Amado</i>	<i>M. Teresa Restivo</i>
<i>Mamuel R. Cordeiro</i>	<i>Marcelo M. Moura</i>	<i>Maria Belém Martins</i>	<i>Maria J. Geraldes</i>
<i>Maria José Abreu</i>	<i>Maria M. Moreira</i>	<i>Mário F. Secca</i>	<i>Mário Ferreira</i>
<i>Mário P. Vaz</i>	<i>Mário Talaia</i>	<i>Nelson Beate</i>	<i>Nuno O. Fernandes</i>
<i>P. Vila Real</i>	<i>Paiva Mungumbe</i>	<i>Pascost Bacela</i>	<i>Paulo Cachim</i>
<i>Paulo Carvalho</i>	<i>Paulo G. Piloto</i>	<i>Paulo Pereira</i>	<i>Pedro Sing Song</i>
<i>Pedro T. Pinto</i>	<i>Raquel P.F. Guiné</i>	<i>Raúl Fangueiro</i>	<i>Reinaldo Lorandi</i>
<i>Renato N. Jorge</i>	<i>Romualdo R. Salcedo</i>	<i>Romei Moraes</i>	<i>Rosa M. Miranda</i>
<i>Rosa Vasconcelos</i>	<i>Rui C. Barros</i>	<i>Rui Lima</i>	<i>Ruy M. Cravo</i>
<i>Rui M. Sousa</i>	<i>Rui S. Camposinhos</i>	<i>Rui Vasco Sítio</i>	<i>S. Carmo Silva</i>
<i>Shaker Meguid</i>	<i>Silva Magaia</i>	<i>Silvino Moreno</i>	<i>Telmo Santos</i>

Ref: 344813R

## COMPORTAMENTO MECÂNICO DE PRÓTESES PARCIAIS FIXAS

Paulo Piloto<sup>1\*</sup>, André Correia<sup>2</sup>, Mário Vaz<sup>3</sup>, J.C. Reis Campos<sup>2</sup>, Joana Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Bragança, IDMEC, Bragança, Portugal

<sup>2</sup>Fac. Medicina Dentária da Universidade do Porto, LOME, Porto, Portugal

<sup>3</sup>Fac. Engenharia da Universidade do Porto, LOME, Porto, Portugal

<sup>4</sup>Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal

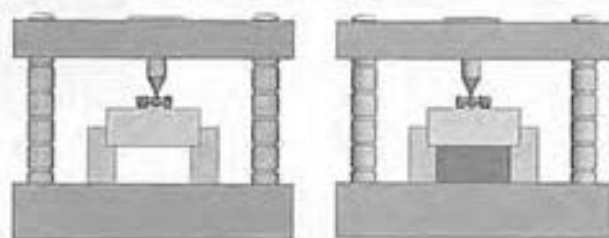
\*Email: ppiloto@ipb.pt

### RESUMO

A utilização de próteses parciais fixas (PPF) tem como objectivo a substituição de dentes ausentes, ou dos dentes extensamente destruídos, por estruturas protéticas que possibilitem uma reabilitação funcional e estética do sistema estomatognático. Este artigo avalia a capacidade resistente de PPF de três elementos, em zircónia com revestimento cerâmico, representativas das posições dentárias 34-35-36. As próteses foram cimentadas sobre pilares maciços, aparafusados em implantes de titânio, implantados num bloco de tecido ósseo mandibular.

Um dos aspectos importantes na biomecânica da reabilitação protética implanto-suportada está relacionado com a determinação do esforço sobre o implante e como este é transmitido ao tecido ósseo. As deformações que resultam desta actividade podem condicionar o processo de osteointegração. A micro-estrutura do osso pode assim ficar afectada pelo campo de deformações desenvolvido por acção mecânica. O processo de remodelação óssea depende da actividade mecânica e biológica, razão pela qual diversos investigadores decidiram medir e validar numericamente o valor das deformações na zona dos implantes, [1-4]. Foram efectuadas medições em duas PPF, utilizando ensaios de flexão, ver figura 1a.

Um outro aspecto, igualmente importante, está relacionado com a capacidade de resistência à fractura. A utilização de materiais frágeis e com elevada dureza nas PPF, condiciona a geometria e utilização destas estruturas protéticas. Neste trabalho são apresentados os valores de resistência à fractura de três PPF, determinados através de ensaios à flexão, ver figura 1b.



1a) Ensaios à flexão.

1b) Ensaios de rotura.

Figura 1 – Modelo da estrutura de suporte para ensaios das PPF.

Na figura 1 estão representados dois tipos de ensaios. O ensaio de flexão distingue-se do ensaio de resistência à fractura pela existência de um bloco rígido de suporte ao bloco de tecido ósseo. Em ambos os casos foi utilizada uma carga mecânica incremental de 35 [N], aplicada na fossa do pântico, com uma velocidade inferior a 0.2 [mm/min], com uma frequência de aquisição de dados de 1 [Hz]. As deformações foram medidas com extensómetros HBM, referência 1-LY18-3/350, de acordo com as posições representadas na figura 2.

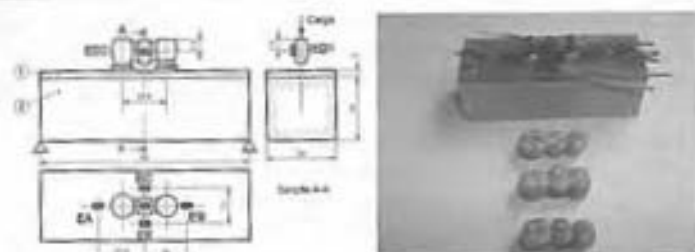


Figura 2 - Posição dos extensómetros.

Foram colocados cinco extensómetros (EA, EB, EC, ED e EE) na superfície superior da camada cortical, 1, e mais dois extensómetros no pântico, para medição da deformação na direcção mesio-distal (ED2) e na direcção apical-incisal (ED1).

Os resultados experimentais dos ensaios à flexão são semelhantes e coerentes, ver figura 3. As zonas que apresentam maiores valores de deformação estão localizadas nas extremidades vestibular (EE) e lingual (EC). O valor da deformação (ED), na zona interimplantar, comprova a existência de actividade mecânica.

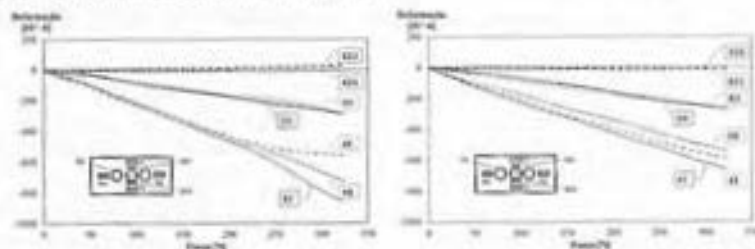


Figura 3 - Resultados dos ensaios à flexão da prótese 1 e da prótese 2.

Os valores de resistência à fractura estão representados na tabela 1 e foram determinados em função da primeira fissura visível. Em todos os ensaios foi verificada a fractura da camada de revestimento cerâmica, ver figura 4.

Tabela 1. Resultados do valor de resistência à fractura.

Amostra	Força limite [N]
Prótese 1	1119,67
Prótese 2	1760,89
Prótese 3	1508,89
Média ± DP	1463,15 ± 263,77



Figura 4 - Fractura da prótese 3.

## REFERÊNCIAS

- [1] - Arturo N. Natali, "Dental Biomechanics, Taylor and Francis, 2003.
- [2] - Clarice Field, Qing Li, Wei Li, and Michael Swain, "Biomechanical Response in Mandibular Bone due to Mastication Loading on 3-Unit Fixed Partial Dentures," *Journal of Dental Biomechanics*, vol. 2010, Article ID 902537, 11 pages, 2010.
- [3] - Z. Lian *et al.*, "Effect of bone to implant contact percentage on bone remodelling surrounding a dental implant", *International journal of oral and maxillofacial surgery* 1 July 2010 (volume 39 issue 7 Pages 690-698 DOI: 10.1016/j.ijom.2010.03.020).
- [4] - Paulo Piloto, André Correia, Mário Vaz, J. C. Reis Campos e Hernâni Lopes, "Análise de deformações provocadas por uma prótese parcial fixa em tecido ósseo mandibular"; 4º Congresso Nacional de Biomecânica, ISBN 978-989-97161-0-0, pp 329-333, Coimbra, 2011.