

Artigo REF: 36A006

## **VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO COLO DO FÉMUR EM FUNÇÃO DA IDADE, UTILIZANDO UM MODELO NÃO LINEAR DE ELEMENTOS FINITOS**

**Cristina Teixeira<sup>1(\*)</sup>, Elza Fonseca<sup>2</sup> e Luísa Barreira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Saúde - Bragança, Portugal

<sup>2</sup>Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão - Bragança, Portugal

(\*)*Email*: cristina.teixeira@ipb.pt

### **RESUMO**

Vários autores referem alterações da espessura do osso cortical da extremidade proximal do fémur bem como alterações das propriedades biomecânicas do osso cortical em função da idade. Com este trabalho pretende-se avaliar o impacto destas alterações na resistência da extremidade proximal do fémur aos carregamentos próprios de actividades quotidianas. Para isso utilizou-se uma tomografia computadorizada e recorreu-se ao modelo de elementos finitos considerando o osso cortical como material com comportamento elasto-plástico. Os resultados obtidos permitem concluir que as alterações do osso cortical em função da idade podem ser determinantes no aumento do risco de fractura, realçando a importância de medidas preventivas que impeçam ou revertam estas alterações do osso cortical.

### **INTRODUÇÃO**

A integridade estrutural do tecido ósseo reveste-se de particular importância clínica (Ritchie RO et al, 2005). O comportamento mecânico do osso, nomeadamente a sua resistência à fractura, depende em grande parte das características micro-estruturais e geométricas da camada cortical, determinantes da qualidade e quantidade de osso cortical (Augat P et al, 2006). Com o aumento da idade, o osso cortical sofre alterações, registando-se uma diminuição da densidade óssea / aumento da porosidade (Atkinson PJ et al, 1967), (Ritchie RO et al, 2005). Por conseguinte, com o aumento da idade é expectável que ocorram alterações das propriedades mecânicas do osso cortical, facto que tem sido comprovado por alguns autores (Burstein AH et al, 1976). Paralelamente têm sido registadas variações na espessura da camada cortical do osso em função da idade, particularmente observada a redução da espessura da cortical em sectores específicos do colo fémur (Augat P et al, 2006), (Mayhew PM et al, 2005) e que parecem estar relacionadas com um aumento dos valores de tensões no osso quando solicitado (Teixeira C et al, 2008).

Para prevenir os efeitos do envelhecimento ao nível do esqueleto, têm sido utilizados fármacos que favorecem parâmetros geométricos do osso, nomeadamente, aumentando a espessura do osso cortical e favorecem a mineralização do tecido ósseo revertendo a deterioração das propriedades mecânicas do osso como material (Benhamou, 2007). O objectivo é aumentar a resistência do osso à fractura. Por conseguinte, parece importante conhecer o impacto na resistência do osso à fractura, resultante das alterações da espessura do osso cortical aliadas a alterações das suas propriedades mecânicas, função da idade.

A análise numérica por elementos finitos com base em dados obtidos por tomografia computadorizada (TC), é uma metodologia não invasiva que tem sido utilizada para prever a

resistência da extremidade proximal do fêmur à fractura. A justificação é que esta metodologia consegue incorporar em simultâneo a forma tridimensional do osso, as propriedades mecânicas do tecido ósseo e a simulação da carga imposta (Bessho M et al, 2004), (Cody DD, 1999), (Testi D, 1999) e (Keyak JH et al, 2000). O conhecimento das propriedades biomecânicas do osso é um dos aspectos inerentes à utilização do modelo de elementos finitos para avaliar a resistência do osso à fractura. Alguns autores realçam a necessidade de considerar o osso como sendo um material com comportamento não linear quando se efectuam análises numéricas (Dickenson et al, 1981), (Krone et al, 2006). Há inclusivamente autores que determinaram as constantes do osso como material com comportamento elasto-plástico (Burstein AH et al, 1976), (Dickenson et al, 1981), constantes que podem ser utilizadas em análises numéricas com o intuito de determinar a resistência do osso à carga imposta.

## OBJECTIVO E DESENVOLVIMENTO

Tendo em conta as alterações de espessura da cortical e das suas propriedades biomecânicas, função da idade, o objectivo deste trabalho é avaliar a resistência do colo do fêmur, através da distribuição de tensões na extremidade proximal do osso, quando solicitado em actividades quotidianas, em indivíduos de faixas etárias distintas (30 anos e 80 anos), utilizando o modelo de elementos finitos para análise numérica e considerando o osso como material com comportamento elasto-plástico.

Para atingir o objectivo pretendido foi utilizado uma TC de alta resolução onde se visualiza a extremidade proximal do fêmur (base de dados *ScanIP*). Este TC serviu de base à criação de um ficheiro em formato *STL*. Foi possível imprimir o modelo em estudo numa impressora 3D, para se observar a geometria desta estrutura anatómica. A conversão do formato *STL*, num neutro permite utilizar as potencialidades do programa ANSYS para a análise numérica do modelo anatómico, através do método de elementos finitos. As análises numéricas realizaram-se em regime não linear. Para tal, foi criada uma malha com elementos de casca triangulares com 4[mm] de lado, utilizando o elemento finito *Shell43* do ANSYS, elemento adequado para este tipo de modelação numérica.

A figura 1 representa as várias etapas que levaram à criação do modelo teórico de elementos finitos a ser utilizado na modelação numérica.

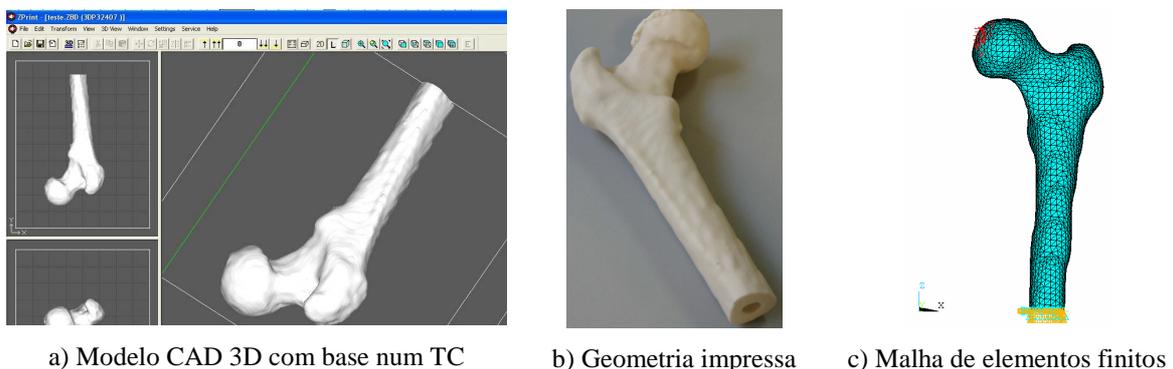


Fig. 1 – Fases na obtenção do modelo teórico de elementos finitos.

A partir do modelo inicial da extremidade proximal do fêmur, criaram-se dois modelos com diferente espessura de osso cortical no colo do fêmur. Um dos modelos simula a espessura do osso cortical aos 30 anos e o outro aos 80 anos (Mayhew PM et al, 2005). A espessura do osso cortical no colo do fêmur para cada um dos casos é apresentada na tabela 1. No corpo e na cabeça do fêmur consideraram-se espessuras uniformes, respectivamente, de 5[mm] e de

1[mm]. Considerou-se o osso cortical como tendo um comportamento elasto-plástico com as propriedades mecânicas, função da idade, enunciadas na tabela 2 (Burstein AH et al, 1976).

As forças ou carregamentos impostos aos modelos numéricos foram concentradas numa área circular da cabeça do fémur com cerca de 24[mm] de diâmetro com centro no nó mais próximo do plano superior da cabeça do fémur (Keyak JH et al, 2003). A extremidade distal do fémur foi mantida fixa (Voo L et al, 2004). Assumiu-se que o eixo do corpo do fémur é paralelo ao eixo coordenado Z global do associado ao modelo de elementos finitos, conforme se representa na figura 1-c. Pretende-se que os carregamentos simulem a carga a que é submetida a extremidade proximal do fémur encaixada no acetábulo do osso ilíaco durante um esforço representativo da descida de escadas, num indivíduo jovem e num indivíduo idoso, ambos com massa corporal de 70[kg]. Segundo (Bergmann G et al, 2001) atribuiu-se um valor máximo da força de contacto na articulação da anca que corresponde a 260% do peso corporal, neste caso particular, o peso corporal considerado é 686[N]. Assim, a carga imposta em cada modelo (jovem e idoso) têm valor máximo de 1784[N], na direcção de 12° no plano coronal e de 35° no plano transversal, (Bergmann G et al, 2001).

Tabela 1: Espessura do osso cortical.

Idade (anos)	Sector superior do colo do fémur	Sector inferior do colo do fémur
30-39	1.2 [mm]	3.0 [mm]
80-89	0.8 [mm]	4.3 [mm]

Tabela 2: Propriedades mecânicas do fémur.

	Jovem: (30-39) anos	Adulto: (80-90) anos
Tensão cedência [MPa]	120	104
Deformação limite	0.0068	0.00667
Módulo elasticidade [MPa]	17600	15600
Tensão última [MPa]	136	120
Deformação última	0.032	0.022
Módulo plástico [MPa]	637	1078

A análise numérica foi efectuada de forma incremental, utilizando métodos de solução iterativa, de forma a obter uma convergência para a solução máxima possível a ser alcançada. Para estabelecer uma análise comparativa entre jovem e idoso, o carregamento imposto foi efectuada com o mesmo número de incrementos (40), o mesmo número de iterações (15) e a mesma tolerância de convergência (1%).

## RESULTADOS

Com base nas características biomecânicas do osso em função da idade foi obtido o gráfico de tensão-deformação em cada faixa etária, apresentado na figura 2.

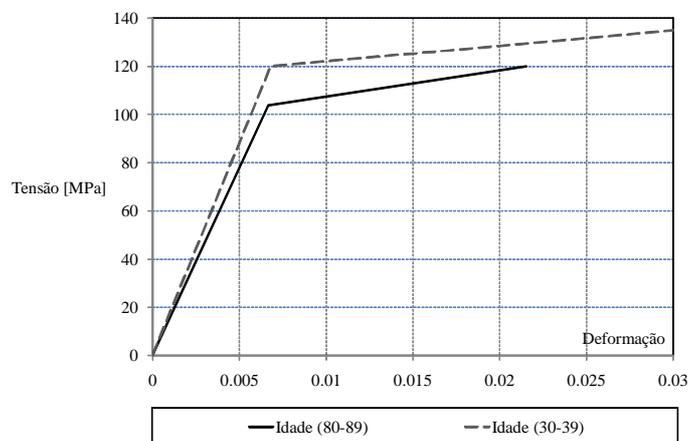


Fig 2 – Curvas tensão-deformação para o osso cortical em cada faixa etária.

Em conformidade com o resultado do processo iterativo, o fémur do indivíduo jovem pode atingir 92,5% da carga máxima imposta, correspondendo a 1650[N]. Em contrapartida, o fémur do indivíduo idoso atinge apenas 80% desse carregamento, que corresponde a 1427 N].

As figuras 3 e 4 apresentam os resultados de tensões e deformações distribuídas na extremidade proximal do fémur para a carga limite alcançada, no jovem e no idoso, respectivamente. O gráfico representado em cada caso, compara os resultados numéricos incrementais, obtidos na zona crítica do fémur, com a curva de material imposta ao osso cortical.

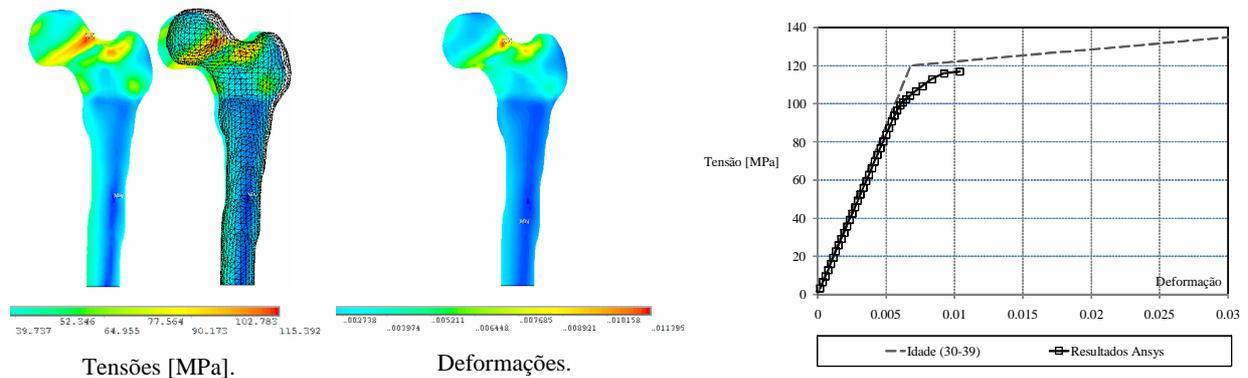


Fig. 3 – Resultados numéricos do campo de tensões e deformações equivalentes no fémur jovem.

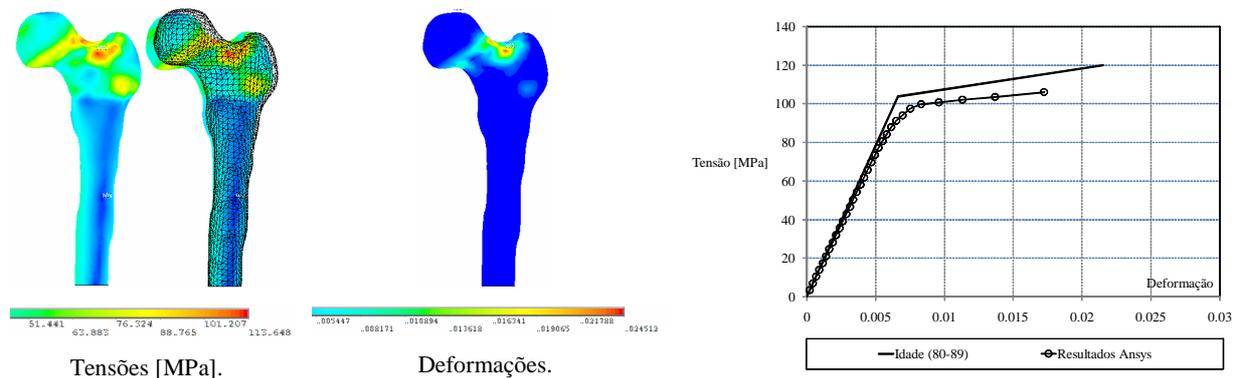


Fig. 4 – Resultados numéricos do campo de tensões e deformações equivalentes no fémur adulto.

No caso do fémur de 80 anos, as tensões obtidas ultrapassam o limite elástico de resistência do osso. Para o fémur de 30 anos, estes valores estão próximos do limite elástico de resistência do material. Nas diferentes soluções obtidas, a zona superior do colo do fémur é aquela que apresenta sempre os valores máximos de tensão

A tabela 3 apresenta a relação percentual verificada entre o valor da força máxima atingida no jovem e no idoso, obtido pela análise numérica em função do valor da carga máxima que deveria ser atribuída para cada uma de diferentes actividades quotidianas (Bergmann G et al, 2001). Observando a tabela verifica-se que em relação à actividade de descer escadas o jovem necessita de efectuar um esforço adicional de 7,5%, em relação ao limite máximo atingido pela análise numérica, em contrapartida, o idoso necessita de um esforço ainda maior e igual a 20%. Actividades como a caminhada com passada normal (3,9Km/h) ou a posição ortostática, são superadas sem qualquer esforço adicional pelo jovem. O idoso, no entanto, terá dificuldades acrescidas também na actividade de caminhada para a qual necessita de um esforço adicional de 12,6%, em relação ao limite máximo.

Tabela 3 – Resultados da relação percentual entre as várias actividades.

	Actividade	Carga máxima prevista [N]	% Carga possível a atingir	% em relação à carga possível
30 anos	Descer escadas	1784	92,5% (=1650[N])	- 7,5%
	Caminhada a passada normal	1633		+ 1,0%
	Posição ortostática	1303		+ 21,0%
80 anos	Descer escadas	1784	80,0% (=1427[N])	- 20%
	Caminhada a passada normal	1633		- 12,6%
	Posição ortostática	1303		+ 9,5%

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foram exploradas as potencialidades do modelo de elementos finitos com o objectivo de analisar a distribuição de tensões na extremidade proximal do fémur, quando solicitado a um carregamento máximo previsto. Considerou-se a variação da espessura do osso cortical ao longo do fémur, as variações desta espessura com a idade, bem como a variação das propriedades biomecânicas do osso em função da idade.

Assim, conclui-se que a variação com a idade da espessura do osso cortical na extremidade proximal do fémur, aliada às alterações das propriedades biomecânicas em função da idade, diminuem a resistência do osso à carga imposta. Estes factores revelam-se determinantes no aumento do risco de fracturas por tensão, com o aumento da idade, decorrentes da execução de actividades quotidianas.

É pertinente realçar que este estudo está focalizado apenas no osso cortical e nas consequências inerentes à deterioração do osso cortical com a idade. Com base nestes resultados poderá afirmar-se que a utilização de determinados fármacos que impedem a deterioração do osso cortical ou que permitem aumentar a sua espessura, são clinicamente importantes para aumentar a resistência do osso à fractura e, assim, prevenir a fractura da extremidade proximal do fémur.

## REFERÊNCIAS

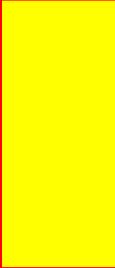
- Atkinson PJ, Weatherell JA. *Variation in the Density of the Femoral Diaphysis with Age*. The Journal of Bone and Joint Surgery. Vol49B, pp. 781-788, 1976.
- Augat P, Schorlemmer S. *The Role of Cortical Bone and its Microstructure in Bone Strength*. Age and Ageing, Vol35-S2, pp. ii27-ii31, 2006.
- Benhamou CL. *Relation between age, femoral neck cortical stability, and hip fracture risk*. Joint Bone Spine, Vol74, pp.39-47, 2007.
- Bergmann G, Deuretzbacher G, Heller M, Graichen F, Rohlmann A, Strauss J, Duda GN. *Hip contact forces and gait patterns from routine activities*. Journal of Biomechanics, Vol34, pp.859-871, 2001.
- Bessho M, Ohmishi I, Okazaki H, Sato W, Kominami H, Matsunaga S, Nakamura K. *Prediction of the strength and fracture location of the femoral neck by CT-based finite-element method: a preliminary study on patients with hip fracture*. Journal Orthopaedic Science, Vol9 pp. 545-550, 2004.
- Burstein AH, Reilly DT, Martens M. *Aging of bone tissue: mechanical properties*, The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol58, pp. 82-86, 1976.

- Cody DD, Gross GJ, Hou FJ, Spencer HJ, Goldstein SA, Fyhrie DP. *Femoral strength is better predicted by finite element models than QCT and DXA*. Journal of Biomechanics, Vol32, pp.1013-1020, 1999.
- Dickenson RP, Hutton WC, Stott JRR. *The Mechanical Properties of bone in Osteoporosis*. The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol63-B, N2, pp. 233-238, 1981.
- Keyak JH, Rossi SA. *Prediction of femoral fracture load using finite element models: an examination of stress- and strain-based failure theories*. Journal of Biomechanics, Vol33, pp. 209-214, 2000.
- Keyak JH, Falkinstein Y. *Comparison of in situ and in vitro CT scan-based finite element model predictions of proximal femoral fracture load*. Medical Engineering & Physics, Vol25, pp.781-787, 2003.
- Krone RP, Schuster P. *An Investigation on the Importance of Material Anisotropy in Finite-Element Modeling in Human Femur*. Paper Number 2006-01-0064.
- Ritchie RO, Kinney JH, Kruzic JJ, Nalla RK. *A Fracture Mechanics and Mechanistic Approach to the Failure of Cortical Bone*. Fatigue & Fracture of Engineering Materials and Structures, Vol28, pp. 345-371, 2005.
- Mayhew PM, Thomas CD, Clement JG, Loveridge N, Beck TJ, Bonfield W, Burgoyne C, Reeve J. *Relation between age, femoral neck cortical stability, and hip fracture risk*. www.thelancet.com, Vol366, N9, pp.129-135, 2005.
- Teixeira C, Fonseca E, Barreira L. *Avaliação da Resistência do Colo do Fémur Utilizando o Modelo de Elementos Finitos*. APAET Eds., CD e Abstracts, 7º Encontro Nacional de Análise Experimental de Tensões e Mecânica Experimental, Vila Real 23-25 de Janeiro 2008.
- Testi D, Viceconti M, Baruffaldi F, Capello A. *Risk of fracture in elderly patients: a new predictive index based on bone mineral density and finite element analysis*. Computer Methods and Programs in Biomedicine, Vol60, pp.23-33, 1999.
- Voo L, Armand M, Kleinberger M. *Stress Fracture Risk Analysis of the Human Femur Based on Computational Biomechanics*. Johns Hopkins APL Technical Digest, Vol25, pp.223-230, 2004.

**5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia**

---

**2º Congresso de Engenharia de Moçambique**



**CLME'2008 / IICEM**

---

***PROGRAMA***

**Maputo, 2 - 4 Setembro 2008**



**FEUP – FEUEM – OE Portugal – OE Moçambique**

## **Organização**

*Faculdade de Engenharia da U. Porto*

*Faculdade de Engenharia da U. Ed. Mondlane*

*Ordem dos Engenheiros de Portugal*

*Ordem dos Engenheiros de Moçambique*

### **Comissão Executiva**

**Joaquim Silva Gomes**

**Carlos Conceição António**

**Clito Félix Afonso**

**António Santos Matos**

**Secretariado:** *Nuno Trancoso Santos*

### **Comissão Organizadora**

<i>A. Batel Anjo</i>	<i>A. Carmo Vaz</i>	<i>Abimael C. Júnior</i>	<i>Albano Cavaleiro</i>
<i>Alexandra Neves</i>	<i>Álvaro</i>	<i>G.R. Lezana</i>	<i>Amândio T. Pinto</i>
<i>Ana L. Virtudes</i>	<i>Anabela C. Alves</i>	<i>Aníbal G. Costa</i>	<i>António F. Diogo</i>
<i>António Fiúza</i>	<i>António Matos</i>	<i>Archimedes A. Raia Jr.</i>	<i>Armando S. Afonso</i>
<i>Bruno Trindade</i>	<i>Carlos C. António</i>	<i>Carlos N. Costa</i>	<i>Clito F. Afonso</i>
<i>Edmundo Monteiro</i>	<i>Edson A. Melanda</i>	<i>Elza Fonseca</i>	<i>F. Queirós de Melo</i>
<i>Graça Brito</i>	<i>H.J. Kalinowski</i>	<i>Helder Araújo</i>	<i>Humberto Varum</i>
<i>Ismael C. Nhéze</i>	<i>J. Mora Ramos</i>	<i>J. Rodrigues Dias</i>	<i>J. Santos Baptista</i>
<i>J.F. Silva Gomes</i>	<i>João A. Sousa</i>	<i>João F. Gomes</i>	<i>João L. Pinto</i>
<i>João M. Tavares</i>	<i>João Marcelino</i>	<i>João S. Fernandes</i>	<i>José A. Rodrigues</i>
<i>José Baptista</i>	<i>José Luís Esteves</i>	<i>Lázaro Zuquette</i>	<i>Lucas F.M. Silva</i>
<i>Luís O. Santos</i>	<i>Luís P. Martins</i>	<i>Luís P. Santos</i>	<i>M<sup>a</sup> Belém Martins</i>
<i>M<sup>a</sup> Cristina Teixeira</i>	<i>M<sup>a</sup> Graça Madureira</i>	<i>M<sup>a</sup> Madalena Moreira</i>	<i>Manuel R. Cordeiro</i>
<i>Manuel Rijo</i>	<i>Maria E.C. Silva</i>	<i>Maria J.M. Abreu</i>	<i>Mário A.P. Vaz</i>
<i>Mário F. Secca</i>	<i>Mário Ferreira</i>	<i>Mário R. Talaia</i>	<i>Miguel P. Amado</i>
<i>Orestes M. Gonçalves</i>	<i>Orlando Zobra</i>	<i>Patrícia Falé</i>	<i>Paulo Cachim</i>
<i>Paulo Pereira</i>	<i>Paulo S. Caetano</i>	<i>Pedro R.T. Pinho</i>	<i>Raúl Figueiro</i>
<i>Reinaldo Lorandi</i>	<i>Renato N. Jorge</i>	<i>Rita O. Castro</i>	<i>Rosa M. Miranda</i>
<i>Rui C. Barros</i>	<i>Rui M. Lima</i>	<i>S. Carmo Silva</i>	<i>Sérgio A. Rohm</i>
<i>Sérgio Leitão</i>	<i>Silva Magaia</i>	<i>Vitor M.F. Santos</i>	<i>Zulema L. Pereira</i>

## **Comissão de Científica**

<i>A. Barata da Rocha (FEUP)</i>	<i>Elsa Caetano (FEUP)</i>	<i>José M. Cirne (FCTUC)</i>
<i>A. Carmo Vaz (FEUEM)</i>	<i>Elza Fonseca (IPB)</i>	<i>José P. Vieira (UM)</i>
<i>A. Castro Vide (ISEP)</i>	<i>F. Gomes Almeida (FEUP)</i>	<i>Júlio B. Martins (UM)</i>
<i>A. Costa Manso (LNEC)</i>	<i>F. Queirós de Melo (UA)</i>	<i>Lúcia S. Dinis (FEUP)</i>
<i>A. Gomes Correia (UM)</i>	<i>F. Veloso Gomes (FEUP)</i>	<i>M. Graça Guedes (UM)</i>
<i>A. Lopes Campos (ISEC)</i>	<i>Fernando J. Monteiro (FEUP)</i>	<i>M. Graça Madureira (IPB)</i>
<i>A. Pires da Costa (FEUP)</i>	<i>Gabriel L. Amós (FEUEM)</i>	<i>M. Jossai Cumbi (FEUEM)</i>
<i>A. Torres Marques (FEUP)</i>	<i>Hélder Araújo (FCTUC)</i>	<i>M. Luisa Madureira (FEUP)</i>
<i>A. Viana da Fonseca (FEUP)</i>	<i>J. Andrade Campos (FCTUC)</i>	<i>M. Teresa Restivo (FEUP)</i>
<i>Abel D. Santos (FEUP)</i>	<i>J. Dias Pereira (IPS)</i>	<i>Manuel R. Cordeiro (UTAD)</i>
<i>Alexandra Neves (FEUEM)</i>	<i>J. Dinis carvalho (UM)</i>	<i>Manuel S. Pais (UM)</i>
<i>Álvaro Cunha (FEUP)</i>	<i>J. Montalvão e Silva (IST)</i>	<i>Marcelo M. Moura (FEUP)</i>
<i>Ana M. Segadães (UA)</i>	<i>J. Pamies Teixeira (UNL)</i>	<i>Maria J. Geraldès (UBI)</i>
<i>António C. Mendes (UBI)</i>	<i>J. Paulo Davim (UA)</i>	<i>Mário P. Vaz (FEUP)</i>
<i>António J.M. Ferreira (FEUP)</i>	<i>J. Rocha Soares (ISEL)</i>	<i>Nelson P. Rocha (UA)</i>
<i>António Navarro (UA)</i>	<i>J. Santos Baptista (FEUP)</i>	<i>Nuno F. Rilo (FCTUC)</i>
<i>António R. Pires (IPS)</i>	<i>J. Silva Gomes (FEUP)</i>	<i>Nuno M. Maia (IST)</i>
<i>Arlindo Gonçalves (LNEC)</i>	<i>João Catalão (UTL)</i>	<i>P. Vila Real (UA)</i>
<i>C. Mota Soares (IST)</i>	<i>João M. Tavares (FEUP)</i>	<i>Paulo G. Piloto (IPB)</i>
<i>Carlos S. Borrego (UM)</i>	<i>João Travassos (ISEL)</i>	<i>R. Almeida Furtado (FCTUC)</i>
<i>Carlos C. António (FEUP)</i>	<i>Joaquim A. Martins (UA)</i>	<i>Renato N. Jorge (FEUP)</i>
<i>Carlos M. Couto (UM)</i>	<i>Joaquim O. Barros (UM)</i>	<i>Romualdo R. Salcedo (FEUP)</i>
<i>Carlos V. Quadros (FEUEM)</i>	<i>Joaquim S. Pinto (UA)</i>	<i>Rui A. Pitarma (IPG)</i>
<i>Carlos Varandas (IST)</i>	<i>Jorge Nhambiu (FEUEM)</i>	<i>Rui C. Barros (FEUP)</i>
<i>Catarina F. Castro (FEUP)</i>	<i>Jorge O. Seabra (FEUP)</i>	<i>Rui Manuel Fernandes (UBI)</i>
<i>Clito F. Afonso (FEUP)</i>	<i>José A. Fonseca (UA)</i>	<i>Rui V. Siteo (FEUEM)</i>
<i>Daniel A. Fumo (FEUEM)</i>	<i>José A. Gonçalves (UP)</i>	<i>Ruy M. Cravo (ISEL)</i>
<i>Diamantino Freitas (FEUP)</i>	<i>José F. Gomes (FCUP)</i>	<i>Silva Magaia (FEUEM)</i>
<i>E. Oliveira Fernandes (FEUP)</i>	<i>José L. Esteves (FEUP)</i>	<i>Zulema L. Pereira (UNL)</i>

## **Comissão de Honra**

<i>A. Guimarães Rodrigues</i> (Reitor da Universidade do Minho)	<i>Aires Bonifácio Ali</i> (Ministro da Educação e Cultura)
<i>Aiuba Cuereneia</i> (Ministro do Planeamento e Desenvolvimento)	<i>Álvaro C. Vaz</i> (Bastonário da O.E. de Moçambique)
<i>António Fernando</i> (Ministro da Indústria e Comércio)	<i>Carlos V. Costa</i> (Director da Faculdade de Engenharia UP)
<i>Eneas Comiche</i> (Presidente do Município de Maputo)	<i>F. Seabra Santos</i> (Reitor da Universidade de Coimbra)
<i>Felício Zacarias</i> (Ministro das O. Públicas e Habitação)	<i>Fernando F. Santo</i> (Bastonário da O.E de Portugal)
<i>Filipe Couto</i> (Reitor da Universidade Eduardo Mondlane)	<i>J. Marques dos Santos</i> (Reitor da Universidade do Porto)
<i>Jorge Nhambiu</i> (Director da Faculdade de Engenharia UEM)	<i>José D. Dias</i> (Bastonário da O.E. de Angola)
<i>Ludgero P. Marques</i> (Presidente da Assoc. Empresarial de Portugal)	<i>M.J. Santos Silva</i> (Reitor da Universidade da Beira Interior)
<i>Maria Helena Nazaré</i> (Reitora da Universidade de Aveiro)	<i>Paulo Zucula</i> (Ministro dos Transp. e Comunicações)
<i>Salvador Namburete</i> (Ministro da Energia)	<i>Venâncio Massingue</i> (Ministro da Ciência e Tecnologia)

## **Patrocínios**

*Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto*  
*Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane*  
*Ordem dos Engenheiros de Portugal*  
*Ordem dos Engenheiros de Moçambique*  
*Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento*  
*Empresa de Desenvolvimento Mineiro*

*e o apoio de:*

CONFEA-Conselho Federal de Engenharia Arquitectura e Agronomia do Brasil; INEGI-Instituto de Engenharia. Mecânica e Gestão Industrial; INETI-Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação; Instituto Politécnico de Bragança; Instituto Politécnico de Setúbal; Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; Instituto Superior de Engenharia do Porto; LAM-Linhas Aéreas de Moçambique; LNEC-Laboratório Nacional de Engenharia Civil; LREC-Laboratório Regional de Engenharia Civil; Universidade da Beira Interior; Universidade de Aveiro; Universidade de Coimbra; Universidade de Évora; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; Universidade do Algarve; Universidade do Minho; Universidade Nova de Lisboa; Universidade Técnica de Lisboa.