

# 7º Congresso Nacional de Biomecânica

Guimarães – Portugal | 10 - 11 fevereiro 2017

Livro de Resumos



**Editores: Paulo Flores *et al.***

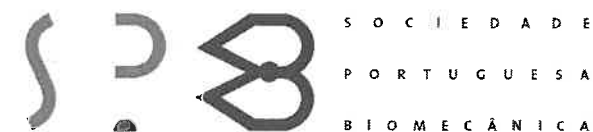
Departamento de Engenharia Mecânica  
Universidade do Minho



SOCIEDADE  
PORTUGUESA  
BIOMECÂNICA

ATAS DO  
7º CONGRESSO NACIONAL DE BIOMECÂNICA

PROCEEDINGS OF THE  
7TH PORTUGUESE CONGRESS ON BIOMECHANICS



COMISSÃO DE HONRA | HONOR COMMITTEE

Reitor da Universidade do Minho  
*Doutor António M. Cunha*

Presidente da Câmara Municipal de Guimarães  
*Dr. Domingos Bragança*

Presidente do Health Cluster Portugal  
*Doutor Luís Portela*

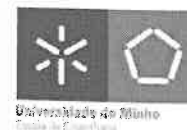
Presidente da Sociedade Portuguesa de Biomecânica  
*Doutor Paulo Fernandes*

Presidente da Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária  
*Doutor Pedro Mesquita*

COMISSÃO ORGANIZADORA | ORGANIZING COMMITTEE

Paulo Flores, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho  
Filipe Marques, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho  
Filipe Silva, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho  
José Carlos Teixeira, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho  
José Luís Alves, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho  
José Pimenta Claro, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho  
Nuno Dourado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho  
Sara Cortez, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho  
João Folgado, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

PATROCÍNIOS E APOIOS INSTITUCIONAIS | SPONSORSHIP AND INSTITUTIONAL SUPPORT



<i>Título</i>	7º Congresso Nacional de Biomecânica
<i>Organização</i>	Paulo Flores Filipe Marques Filipe Silva José Carlos Teixeira José Luís Alves José Pimenta Claro Nuno Dourado Sara Cortez João Folgado
<i>Editor</i>	Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho
<i>Depósito Legal</i>	420832/17
<i>ISBN</i>	978-989-20-7304-0

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou transmitida de qualquer outra forma ou por qualquer meio, electrónico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou outros, sem prévia autorização escrita da editora.

COMISSÃO CIENTÍFICA | *SCIENTIFIC COMMITTEE*

Adélia Sequeira (IST)	José Luís Alves (UM)
Amílcar Ramalho (UC)	José Manuel Casanova (FMUC)
António Completo (UA)	José Oliveira Simões (UA)
António Figueiredo (UC)	Josep Llagunes (UPCatalonia)
António Ramos (UA)	Leandro Machado (FADEUP)
António Silva (UTAD)	Lídia Carvalho (INESCTEC)
António Veloso (FMH)	Luciano Menegaldo (UFRJ)
Aurélio Faria (UBI)	Luís Rocha (UM)
Cristina Santos (UM)	Luís Roseiro (ISEC)
Daniela Vaz (IPL)	Luísa Sousa (FEUP)
Elza Fonseca (IPB)	Manuel Gutierrez (FMUP)
Fernando Simões (IST)	Marco Parente (FEUP)
Fernando Gilberto Costa (FMUP)	Maria Augusta Neto (UC)
Filipa João (FMH)	Mário Augusto Vaz (FEUP)
Filipe Carvalho (CMRRC-Rovisco Pais)	Mário Forjaz Secca (UNL)
Filipe Silva (UM)	Mário João Gamelas (UNL)
Gonçalo Dias (UC)	Miguel Tavares da Silva (IST)
Helena Moreira (UTAD)	Miguel Velhote Correia (FEUP)
Hélder Rodrigues (IST)	Nuno Dourado (UM)
Jacinto Monteiro (FMUL)	Paulo Flores (UM)
Javier Cuadrado (UCoruña)	Paulo R. Fernandes (IST)
Joana Costa Reis (UÉvora)	Paulo Piloto (IPB)
João Espregueira-Mendes (CEM)	Pedro Coelho (UNL)
João Folgado (IST)	Pedro Martins (FEUP)
João MCS Abrantes (ULusófona)	Pedro Morouço (IPL)
João Manuel Tavares (FEUP)	Renato Natal Jorge (FEUP)
João Paulo Vilas-Boas (FADEUP)	Rita Santos Rocha (IPS)
Jorge Ambrósio (IST)	Ronaldo Gabriel (UTAD)
Jorge Belinha (FEUP)	Rui Barreiros Ruben (IPL)
Jorge Láins (CMRRC-Rovisco Pais)	Rui Lima (UM)
José Alberto Ramos Duarte (FADEUP)	Rui Miranda Guedes (FEUP)
José Carlos Reis Campos (FMDUP)	Vera Moniz-Pereira (FMH)
José Luís Alves (UM)	

PREFÁCIO

Este livro contém os resumos dos trabalhos apresentados no 7º Congresso Nacional de Biomecânica (CNB2017) que decorreu no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho, em Guimarães, Portugal, nos dias 10 e 11 de fevereiro de 2017.

O Congresso Nacional de Biomecânica (CNB) é o mais importante e prestigiado encontro científico organizado em Portugal, na área da Biomecânica. O CNB é um importante fórum de discussão e colaboração entre investigadores das várias áreas da Biomecânica, promovendo parcerias e projetos de investigação de interesse comum. Além disso, o CNB procura incentivar a participação dos estudantes com o objetivo de potenciar o crescimento e a interação da Biomecânica em Portugal.

O evento é bienal, e a primeira edição, sob o nome “Encontro 1 Biomecânica”, realizou-se em Martinchel, Abrantes em fevereiro de 2005. Em 2007 realizou-se o 2º Encontro em Évora. Na terceira edição, realizada em Bragança em 2009, houve uma alteração de designação para o atual Congresso Nacional de Biomecânica. Nas edições seguintes, 2011, 2013 e 2015, o Congresso Nacional de Biomecânica continuou a crescer tendo-se realizado em Coimbra, Espinho e Leiria, respetivamente.

Nesta 7ª edição do Congresso Nacional de Biomecânica foram aceites cerca de 160 trabalhos de 10 países. O presente livro está dividido em diversos capítulos que refletem os diferentes tópicos do congresso, nomeadamente: antropometria; biofabricação; biomateriais; biomecânica cardiovascular, biofluidos e hemodinâmica; biomecânica celular e molecular; biomecânica da lesão/impacto; biomecânica de reabilitação; biomecânica desportiva; biomecânica do crânio e coluna; biomecânica do sistema músculoesquelético; biomecânica dos tecidos; biomecânica ocupacional; biomecânica orofacial; biomecânica ortopédica; biomecânica respiratória; cirurgia assistida por computador; engenharia dos tecidos; ensino da biomecânica; mecânica experimental em biomecânica; visão por computador em biomecânica.

A Comissão Organizadora do CNB2017 agradece a todos os Patrocinadores pelo apoio concedido, bem como à Comissão Científica pela cooperação e avaliação dos trabalhos. Uma palavra especial para os autores, porque sem autores não haveria CNB. Por último, um agradecimento especial à Sociedade Portuguesa de Biomecânica pelo privilégio que nos concedeu de poder organizar o 7º Congresso Nacional de Biomecânica, e pelo muito apoio que prestou.

Guimarães, 10 de fevereiro de 2017

A Comissão Organizadora

Paulo Flores  
Filipe Marques  
Filipe Silva  
José Carlos Teixeira  
José Luís Alves  
José Pimenta Claro  
Nuno Dourado  
Sara Cortez  
João Folgado

## INTRODUCTION OF THE PRESIDENT OF SPB

Dear Colleagues,

This year we are attending to the 7th Congress of the Portuguese Society of Biomechanics (SPB). The Congress is probably the most important event of the Society, and its regular organization, every two years since 2005, is an evidence of the vitality of the scientific community on Biomechanics. In the present Congress we have 159 presentations (138 oral and 21 posters) and, once again, we reward excellence on the biomechanics research through the Young Researcher Award (Prize “João Arménio Correia Martins”), Best Poster Award, Best MSc Student Award and Best PhD Student Award. Thus, the congress is a strong contribution for encouraging, supporting and disseminating the biomechanics research undertaken in Portugal.

The research and development on biomechanics has a great impact on public health and people’s wellness. The state of the art achieved in some areas of biomechanics requires increasing efforts on translation for a better understanding of the importance of public investment on research. It is this challenge I launch to you for the coming years, wishing we are able to work together on this objective. The Portuguese Society of Biomechanics will play its role being a keystone for the researchers to develop their work. The Congress is an opportunity of excellency to find new partnership and to define collaborative projects.

I finish by sincerely thanking the organizing committee, in particular Prof. Paulo Flores, for their professional work during the organization of CNB2017 and wishing to all delegates a very successful event.

Guimarães, February 10th, 2017

*Paulo R. Fernandes*  
 President of SPB

## ÍNDICE | INDEX

PREFÁCIO .....	v
PREFACE .....	vi
NOTA DO PRESIDENTE DA SPB .....	vii
INTRODUCTION OF THE PRESIDENT OF SPB .....	viii

### Antropometria | *Anthropometrics*

POTENCIAL DOS VALORES PADRÃO DE PARÂMETROS DO PERFIL ANTROPOMÉTRICO RESTRITO PARA A GRAVIDEZ .....	3
M. Santana, R. Pereira, H. Almeida, R. Ascenso e E. Oliveira	
ERGO DIGITAL – NOVA APLICAÇÃO MÓVEL PARA AUXÍLIO DOS TÉCNICOS EM DIVERSAS AVALIAÇÕES ERGONÓMICAS .....	5
T. Pinto, N. Domingues, R. Ascenso, E. Oliveira e H. Almeida	

### Biofabricação | *Biomanufacturing*

FABRICO DE ORTÓTESES, PRÓTESES E IMPLANTES MULTIMATERIAL: APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA HÍBRIDA DE FABRICO ADITIVO .....	9
M. Silva, R. Felismina, A. Mateus e C. Malça	
PROTOTYPE PRODUCTION SYSTEM FOR BONE IMPLANTS USING MICROMACHINING TECHNIQUES .....	11
E.A. Avendaño and F.A. Rojas	

### Biomateriais | *Biomaterials*

QUALIDADE DO OSSO CORTICAL DE BOVINOS UTILIZANDO O MÉTODO DE REFINAMENTO RIETVELD .....	15
R. Erbereli, J.M.D.A. Rollo, R.R. Tullio e C.R. Marcondes	
PRINTING AND CHARACTERIZATION OF DENTAL OR SKELETAL IMPLANTS MADE OF POWDERED CORTICAL LYOPHILIZED BONE GRAFTS .....	17
A. Tinjacá, A. Robayo and F. Rojas	
DESENVOLVIMENTO DE MODELO ANIMAL <i>IN VIVO</i> PARA VERTEBROPLASTIA PERCUTÂNEA	19
M.T. Oliveira, J.C. Potes, M.C. Queiroga, S. Rehman, K. Dalgarno, A. Ramos e J.C. Reis	
ESTUDO DO PH DE SOLUÇÕES DE H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> NA EFICIÊNCIA DO BRANQUEAMENTO E NA MICRODUREZA DO ESMALTE .....	21
A. Branco, M.C. Polido, A.P. Serro e C.G.Figueiredo-Pina	
DESENVOLVIMENTO DE PALMILHA PEDIÁTRICA USANDO GEL DE NANOCELULOSE .....	23
J. Pires, S. Gagulic, C.M. Reis e P.L. Silva	

## ANÁLISE DE TENSÕES EM ESPUMAS DE POLIURETANO RÍGIDAS SOB FURAÇÃO COM VELOCIDADE DE ROTAÇÃO CONSTANTE

Lucas D. Azevedo<sup>1</sup>, Maria G. A. Fernandes<sup>2</sup>, Elza M. M. Fonseca<sup>3</sup> e Renato M. Natal<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; ldazevedo10@gmail.com

<sup>2</sup> INEGI, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal; mgfernandes@inegi.up.pt

<sup>3</sup> LAETA, INEGI, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; efonseca@ipb.pt

<sup>4</sup> LAETA, INEGI, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal; rnatal@fe.up.pt

**PALAVRAS CHAVE:** Furação, Modelo Numérico, Modelo Experimental.

**RESUMO:** *Este trabalho de investigação tem como objetivo a avaliação do estado de tensão gerado durante o processo de furação em materiais sólidos de espumas de poliuretano rígidas, com características semelhantes ao osso humano cadavérico. Foi desenvolvido um modelo experimental com recurso à técnica de extensometria e termografia, para a obtenção das deformações no material e da temperatura na broca. Em simultâneo, foi desenvolvido um modelo numérico de dinâmica explícita calibrado com os resultados experimentais. Com base no estudo efetuado, a diminuição da velocidade de avanço, para uma velocidade de rotação constante durante o processo de furação, provoca o aumento das tensões no material em regiões próximas da zona de furação. Em relação à resistência mecânica do material, e para a zona instrumentada, não há registo de dano, com exceção na zona de furação função da remoção do material.*

### 1 INTRODUÇÃO

A furação do tecido ósseo é uma operação mecânica utilizada em procedimentos cirúrgicos ortopédicos. Em ambiente cirúrgico é fundamental o controlo dos parâmetros de furação envolvidos tendo em conta a qualidade e densidade do osso [1, 2]. Existem diversos fatores relacionados com o processo de furação que podem induzir dano no tecido ósseo. O principal desafio em furação óssea é obter os furos pretendidos sem causar qualquer dano térmico e mecânico no tecido ósseo [3]. Assim, torna-se importante compreender os efeitos das condições de furação, atendendo à geometria da ferramenta e ao comportamento do material quando solicitado pelos esforços de corte. Os principais parâmetros estudados e reportados pela literatura são a velocidade de avanço, a velocidade de rotação e a geometria da ferramenta. O principal objetivo deste estudo é avaliar, através de uma metodologia experimental e numérica, as ten-

sões geradas na superfície das espumas de poliuretano rígidas durante a furação, com a imposição de diferentes velocidades de avanço e uma velocidade de rotação constante.

### 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A componente experimental foi desenvolvida com recurso a espumas de poliuretano rígidas da *Sawbones*, com propriedades mecânicas similares ao osso cortical humano cadavérico. Estes materiais foram instrumentados com 9 extensómetros lineares à superfície, ligados a um sistema de aquisição de dados, permitindo a leitura e registo das deformações ao longo do tempo de furação. No total foram realizados 18 furos com recurso a uma máquina CNC (DMC 63V). Nos parâmetros de furação foram utilizadas três velocidades de avanço (25, 50, 75 mm/min) para a velocidade de rotação constante (1200 rpm). As temperaturas

na ferramenta foram registadas, com uma câmara termográfica FLIR@T365, imediatamente antes e após a furação. O setup utilizado para a componente experimental é apresentado na Fig. 1.

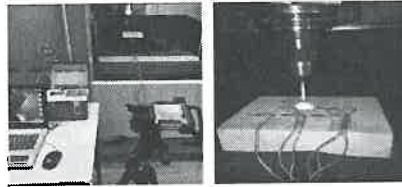


Fig. 1 Setup experimental

Em simultâneo, foram desenvolvidos modelos numéricos tridimensionais de dinâmica explícita, através do método de elementos finitos, para simulação do processo de furação. A análise foi realizada com recurso a um código de elementos finitos explícito, ANSYS LS-DYNA (LSTC, Livermore). Este modelo permite o cálculo das tensões geradas no material em função das condições de furação, das propriedades e comportamento do material, assim como da geometria da ferramenta de corte. O modelo numérico consiste num modelo reduzido da broca, desenvolvida em SolidWorks, e do material sólido com configuração circular, conforme apresentado na Fig. 2. O material sólido apresenta 5 mm de espessura e Ø12 mm, representando uma zona circular envolvente num furo real.

Foram efetuados estudos de convergência de malhas e utilizado o elemento *Solid 164*, com oito nós e três graus de liberdade relativos à translação.

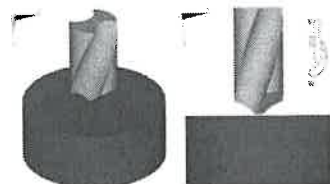


Fig. 2 Modelo numérico 3D

O comportamento do material sólido foi considerado elástico-plástico dependente da

taxa de deformação e do critério de cedência do material. Foi utilizado o modelo de Cowper-Symonds em que se considera o endurecimento por deformação plástica e o efeito da velocidade de deformação plástica. O contacto entre a broca e o bloco foi efetuado através de um algoritmo de contacto disponível no código LS-DYNA. A remoção do material no processo de furação ocorre pela erosão de elementos, durante a deformação plástica, quando atinge o limite através de um critério pré-definido.

### 3 RESULTADOS E CONCLUSÃO

Foram analisadas diferentes conjugações de parâmetros com o objetivo de verificar o efeito da velocidade de avanço nas tensões geradas à superfície do material. O aumento da velocidade de avanço provoca uma redução nos esforços de corte e na energia específica de corte durante a furação óssea. Para velocidade de rotação constante, o aumento na velocidade de avanço provoca diminuição do campo de tensões gerado na superfície do material sólido e diminuição da temperatura na ferramenta.

### REFERÊNCIAS

- [1] R.K. Pandey, S.S. Panda, "Drilling of bone: A comprehensive review", *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, Vol. 4, nº 1, 15 – 30, 2013.
- [2] M.G. Fernandes, E.M.M. Fonseca, R. Natal, "Three-dimensional dynamic finite element and experimental models for drilling processes", *Proc IMechE Part L: J Materials: Design and Applications*, p.1-9, 2015. DOI: 10.1177/1464420715609363 (in press).
- [3] J. Lee, B.A. Gozen, Y.R.B. Ozdoganlar, "Modeling and experimentation of bone drilling forces", *Journal of Biomechanics*, Vol. 4, 1074 – 1086, 2012.

## EFFECT OF DRILL SPEED DURING DRILLING OF HUMAN CADAVERIC TIBIAE

M.G. Fernandes<sup>1</sup>, E.M.M Fonseca<sup>2</sup>, R. Natal<sup>3</sup>, M.C. Manzanares<sup>4</sup> and L. Azevedo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>INEGI, Faculty of Engineering of University of Porto, Portugal; mgfernandes@inegi.up.pt

<sup>2</sup>LAETA, INEGI, Polytechnic Institute of Bragança, Portugal; efonseca@ipb.pt

<sup>3</sup>LAETA, INEGI, Faculty of Engineering of University of Porto, Portugal; rnatal@fe.up.pt

<sup>4</sup>University of Barcelona, Faculty of Medicine and Health Sciences, Spain; mcmazanars@ub.edu

<sup>5</sup>Polytechnic Institute of Bragança, Portugal; ldazevedo10@gmail.com

**KEYWORDS:** Drilling, Cadaveric Tibiae, Thermal Necrosis, Thermocouple

**ABSTRACT:** Bone fracture is a feature of everyday life. Most of the treatments involve bone drilling to fixation of implanted medical devices. Bone loss due to excessive produced heat during drilling may weaken the purchase of surgically placed screws and pins, causing them to loosen postoperatively. Decrease the heat generation has a great demand as it helps in better fixation and healing of bone tissue. This paper presents an experimental model to study the effect of drill speed using human cadaveric tibiae. The results revealed that the temperature rise and the duration of temperature elevation decreased when lower drill speeds are used.

### 1 INTRODUCTION

Bone drilling is a significant part of many medical interventions, including orthopaedic surgeries. Every day, millions of accidents happen involving bone fractures. The treatment normally requires drilling for screw placement, temporary bone fixation and surface preparation for joint fusion. Significant heat is produced during drilling due to the friction between the cutting surface of the drill bit in contact with the hole and bone fragments. When the temperatures obtained during drilling operation reached the limit supported by bone tissue, thermal necrosis occurs [1]. This damage to bone cells would delay the healing process after the surgery and reduce the strength of the fixation. In order to minimize the damage caused by the high temperature and to improve this procedures, it is necessary to optimize the drilling parameters. Many researches have been conducted to find out effects of different drilling parameters such as feed-rate, drill speed, drilling depth, drilling force and drill bit diameter. How-

ever, most of these studies use animal bones or synthetic bones to replace the human bone. Although the properties may be similar, drilling of human bone tissue might show a different response compared to animal models [2].

The aim of the present investigation was to measure the temperature rise from three different drill speeds using human cadaveric tibiae and relate the results to the operating drill speed.

### 2 MATERIALS AND METHODS

Experimental tests were conducted on four bone specimens, measuring 22 to 25 cm in length as show in Fig. 1. The non-embalmed sections of human cadaveric tibiae were processed in the Body Donor's Service and Dissection Room of the University of Barcelona.

The mean rise temperature, drilling time and the time needed for the bone samples to return the initial conditions were monitored using a datalogging thermometer (Extech

**Comissão Organizadora**

Paulo Flores

Filipe Marques

Filipe Silva

José Carlos Teixeira

José Luís Alves

José Pimenta Claro

Nuno Dourado

Sara Cortez

João Folgado

ISBN: 978-989-20-7304-0



**biomechSOLUTIONS**  
your reference partner

**DISTRIM**

A VANGEST COMPANY