

ATAS DO  
5º CONGRESSO NACIONAL DE BIOMECÂNICA  
*PROCEEDINGS OF THE  
5TH PORTUGUESE CONGRESS ON BIOMECHANICS*



COMISSÃO ORGANIZADORA / *ORGANIZING COMMITTEE*

Renato M. Natal Jorge, FEUP  
João Manuel R.S. Tavares, FEUP  
Jorge Américo de Oliveira Pinto Belinha, IDMEC-FEUP  
Marco Paulo Lages Parente, IDMEC-FEUP  
Pedro Alexandre Lopes de Sousa Martins, IDMEC-FEUP

PATROCÍNIOS E APOIOS INSTITUCIONAIS / *SPONSORSHIP AND INSTITUTIONAL SUPPORT*



## COMISSÃO CIENTÍFICA / *SCIENTIFIC COMMITTEE*

Adélia Sequeira, IST-UTL  
António Completo, Univ de Aveiro  
António Silva, UTAD  
António Torres Marques, FEUP  
António Veloso, FMH-UTL  
Arcelina Marques, ISEP-IPP  
Aurélio Faria, UBI  
Cristina Mateo Martinez, IDMEC  
Eduardo Borges Pires, IST-UTL  
Elza Fonseca, IPB  
Fernanda Gentil, IDMEC, ESTSP-IPP  
Fernando Simões, IST-UTL  
Filipa Manuel Machado Sousa, FADEUP-UP  
Gilberto Costa, FMUP-UP  
Helena Moreira, UTAD  
João Folgado, IST-UTL  
João Levy Melancia, FML-Univ Lisboa  
João MCS Abrantes, Univ Lusófona  
João Paço, Hospital CUF, FML-Univ Lisboa  
João Paulo Flores Fernandes, Univ Minho  
João Paulo Vilas-Boas, FADEUP-UP  
João Santos Baptista, FEUP-UP  
Joaquim Silva Gomes, FEUP-UP  
Jorge Ambrósio, IST-UTL  
José Alberto Ramos Duarte, FADEUP-UP  
José Carlos Reis Campos, FMDUP-UP  
José Manuel Casanova, FM-Univ Coimbra  
José Oliveira Simões, Univ de Aveiro  
Kostas Gianikellis, Univ de Extremadura, Espanha  
Leandro Machado, FADEUP-UP  
Lídia Carvalho, Univ de Aveiro  
Luís Roseiro, ISEC-IPC  
Luisa Sousa, FEUP-UP  
Manuel Gutierres, FMUP-UP  
Mário Augusto Vaz, FEUP-UP  
Mario Forjaz Secca, FCT, Univ Nova de Lisboa  
Miguel Tavares da Silva, IST-UTL  
Miguel Velhote Correia, FEUP-UP  
Paulo Piloto, IPB  
Paulo Rui Fernandes, IST-UTL  
Ronaldo Calçada Dias Gabriel, UTAD  
Rui Barreiros Ruben, IPL  
Rui Lima, IPB  
Rui Miranda Guedes, FEUP-UP  
Santos Rubim, ESTSP-IPP

## ÍNDICE

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA ACELERAÇÃO TIBIAL ASSOCIADO AO CENTRO DE PRESSÃO PLANTAR NO CHUTE DE JOGADORES DE FUTEBOL DE CAMPO. <i>SILVA, Marcelo Guimarães, HIRATA, Tamotsu</i> .....	1
THE ROLE OF POROELASTICITY ON THE BIOMECHANICS OF THE INTERVERTEBRAL DISC: A FINITE ELEMENT STUDY <i>André Castro, Paulo Flores, António Completo e J. L. Alves</i> .....	7
ESTUDO DO ESTÍMULO MECÂNICO EM CONSTRUÇÕES CELULARES DE AGAROSE <i>Joana Pereira, António Completo, António Ramos, Carlos Relvas e José Simões</i> .....	13
ARTICULAÇÃO RADIOCARPAL – ESTUDO NUMÉRICO DE UM MODELO ESPECÍFICO DE PACIENTE <i>Joana Pereira, António Completo, António Ramos, Carlos Relvas e José Simões</i> .....	17
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE UM DISPOSITIVO GERADOR DE PULSOS MECÂNICOS PAR A INDUÇÃO DO AUMENTO DA DENSIDADE ÓSSEA <i>A. I. Arroyave Guzmán e R. Gonzalez Lima</i> .....	23
ANÁLISE CINEMÁTICA DA MARCHA NO 3.º TRIMESTRE DE GRAVIDEZ E PÓS-PARTO <i>Marco Branco, Rita Santos Rocha, Liliana Aguiar, Filomena Vieira e António Veloso</i> .....	29
RELAÇÃO DAS FORÇAS REATIVAS DO APOIO DURANTE O CAMINHAR E A ATIVIDADE FÍSICA EM MULHERES PÓS-MENOPÁUSICAS <i>João P.C. Fonseca, Ronaldo E.C.D. Gabriel, João Manuel R. S. Tavares, Florbela R. Aragão, Adriana S. Leite, José Aurélio M. Faria e Maria Helena R. Moreira</i> .....	33
FORÇAS REATIVAS DO APOIO DURANTE O CAMINHAR E DENSIDADE MINERAL ÓSSEA DO CALCÂNEO EM MULHERES PÓS-MENOPÁUSICAS <i>Marisa Pereira, Ronaldo Gabriel, Florbela Aragão, João Fonseca, Adriana Leite, Aurélio Faria e Helena Moreira</i> .....	39
THE HARMONIC MODE OF THE LEG SPRING <i>Wangdo Kim, Antonio P. Veloso, Filípa João,</i> .....	45
BONE IMPLANT MANUFACTURE FROM LYOPHILIZED HUMAN BONE <i>F.A. Rojas, L.M. Bernal</i> .....	47
ESTUDO BIOMECÂNICO DO DIRECCIONAMENTO DAS FIBRAS DA CAMADA CENTRAL DA MEMBRANA TÍMPÂNICA DO OUVIDO MÉDIO <i>Carolina Garbe, Fernanda Gentil, Carla Santos, Marco Parente, Renato Natal Jorge</i> .....	53
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICA TERMOGRÁFICA, PARA DETERMINAÇÃO DE DESEQUILÍBRIOS MUSCULARES, DURANTE O TRANSPORTE DE LAPTOP EM MOCHILA SUPORTADA POR UM ÚNICO OMBRO <i>João Rocha, Luís Queijo e Jorge Santos</i> .....	59
COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO E ANÁLISE DE RESISTÊNCIA MECÂNICA DE VIDA ÚTIL DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS PARA PRÓTESES DENTÁRIAS <i>Cincio, R. L., Pastoukbov, V.</i> .....	63
FROM MACRO TO SUBDOMAIN MODELLING AND NUMERICAL SIMULATION OF THE BIOMECHANICAL BEHAVIOUR OF NATIVE CARTILAGE <i>S. Cortez, A. Completo e J.L. Alve</i> .....	67
CONTRIBUIÇÃO DOS MOMENTOS DE FORÇA DO MEMBRO INFERIOR NO SALTO UNILATERAL (HOPPING) <i>Filípa João, António Veloso, Sílvia Cabral, Vera Moniz-Pereira e Thomas Kepple</i> .....	73

MECANISMOS DE ORIENTAÇÃO E DE BLOQUEIO PARA ANDARILHOS COM RODAS <i>Ana Fartaria, Carlos Campos e Jorge Siopa</i> .....	79
INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO NA QUALIDADE DOS MOVIMENTOS DE ALCANÇAR E TRANSPORTAR EM INDIVÍDUOS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA <i>Ana Pereira, Ângela Fernandes, Helena Sousa, Rubim Santos</i> .....	85
AVALIAÇÃO POSTURAL POR FOTOGAMETRIA EM ATLETAS DA JUVENTUDE VIDIGALENSE <i>Inês Domingues, Carlos Campos e Jorge Siopa</i> .....	91
INFLUÊNCIA DE MODELOS CINEMÁTICOS NOS MOMENTOS DE FORÇA DOS MEMBROS INFERIORES GERADOS POR IDOSOS DURANTE A LOCOMOÇÃO <i>Vera Moniz-Pereira, Sílvia Cabral, Filomena Carnide e António P. Veloso</i> .....	97
ANÁLISE DE COMPONENTES ACETABULARES COM ABAS <i>Rui B. Ruben, Diogo Teixeira e Nuno M. Alves</i> .....	103
SEGMENTAÇÃO DO FÉMUR COM RECURSO A CONTORNOS ACTIVOS PARA APOIO À ARTROPLASTIA TOTAL DA ANCA <i>Diogo Ferreira de Almeida, Rui B. Ruben, João Folgado e Paulo R. Fernandes</i> .....	107
DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DA ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR <i>R. J. Duarte, A. Ramos, M. Mesnard, H. R. Marques, C. Relvas, A. Completo, J.A. Simões</i> .....	113
ESTUDO NUMÉRICO DA FIXAÇÃO DE IMPLANTE TEMPOROMANDIBULAR, INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE PARAFUSOS <i>R. J. Duarte, A. Ramos, M. Mesnard, C. Relvas, A. Completo, J.A. Simões</i> .....	117
A INFLUÊNCIA DE UM CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO NO ESCOAMENTO SANGUÍNEO COM NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS <i>N. Pereira, M. Mujika, S. Arana, T. Correia, A. M. T. Silva, H. T. Gomes, P. J. Rodrigues, R. Lima</i> .....	123
A NOVEL METHODOLOGY FOR MEASUREMENT OF THE INTRADISCAL PRESSURE AND HEIGHT DISC VARIATION OF INTERVERTEBRAL DISC UNDER COMPRESSION <i>Ângelo Araújo; Nuno Peixinho, António Pinho &amp; J.C.P. Claro</i> .....	129
EFFECT OF THE SINTERING CYCLE ON THE PROPERTIES OF ALUMINA/LAS DENTAL CERAMIC <i>M. Guedes, D. Arteiro, M. I. Delgado and A. C. Ferro</i> .....	135
METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DA COLUNA VERTEBRAL PRÉ E PÓS VERTEBROPLASTIA <i>Gabriela Guevara, Elza M. M. Fonseca e Luísa M. S. Barreira</i> .....	141
MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO GLOBAL NO ESTUDO DA CINEMÁTICA DA MARCHA NA MULHER GRÁVIDA <i>Liliana Aguiar, António P. Veloso, Rita Santos-Rocha, Marco Branco e Filomena Vieira</i> .....	147
REMODELAÇÃO DO TECIDO ÓSSEO DO OSSO DA MANDÍBULA UTILIZANDO UM MÉTODO NUMÉRICO SEM MALHA <i>J. Belinba, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i> .....	153
ANÁLISE DO INCISIVO CENTRAL DO MAXILAR USANDO UM MÉTODO SEM MALHA <i>S.F. Moreira, J. Belinba, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i> .....	159
ANÁLISE DE UM IMPLANTE DENTÁRIO UTILIZANDO UM MÉTODO SEM MALHA <i>J. Rafael Andrade, J. Belinba, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i> .....	165
REMODELAÇÃO NUMÉRICA DO TECIDO ÓSSEO DEVIDO À APLICAÇÃO DE IMPLANTES DENTÁRIOS <i>A.S. Ferreira, J. Belinba, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i> .....	171

BLOOD FLOW STUDY IN A STENOSED CAROTID BIFURCATION <i>Lúisa C. Sousa, Catarina F. Castro, Carlos C. António, Rui Chaves, Rosa Santos, Pedro Castro and Elsa Azevedo</i> .....	177
FROM MEDICAL IMAGE TO 3D ENTITIES CREATION <i>Diogo, S G; Claro, J C P</i> .....	181
VARIAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA EM FUNÇÃO DA MASSA CORPORAL NO COLO DO FÊMUR E COLUNA VERTEBRAL <i>Jairson C. Dinis, Ana I. Pereira, Elza M. M. Fonseca</i> .....	187
DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE POSTURAS, CONFORME A METODOLOGIA OWAS, USANDO CÂMERAS DE PROFUNDIDADE <i>Karoline Viana Leão, Anselmo Cardoso de Paiva, Aristóфанes Correa Silva e Ivana Marcia Oliveira Maia</i> .....	193
EFEITO DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS SEGUNDO PILATES EM INDIVÍDUOS COM ASMA CONTROLADA – CONTROLO MOTOR/FUNÇÃO VENTILATÓRIA <i>António Mesquita Montes, Paulo Carvalho, Daniel Costa, Camilo Moreira, Pedro Monteiro e Manuel Rubim Santos</i> .....	197
AUXILIARES DE MARCHA E FORÇAS DE REACÇÃO AO SOLO <i>C. Melo, C. Crasto, A. Montes e R. Santos</i> .....	205
A INFLUÊNCIA DA IMOBILIZAÇÃO DO JOELHO NA CINEMÁTICA DO MEMBRO CONTRALATERAL <i>Mariana Santos, Alexandre Lopes, Inês Mesquita e Carlos Crasto</i> .....	211
METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA NECROSE TÉRMICA POR FURAÇÃO NUM MODELO 3D DE UMA MANDÍBULA HUMANA <i>Diana C. A. Monteiro, Elza M. M. Fonseca, Luísa M. S. Barreira, Kelly Magalhães</i> .....	217
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA ÓSSEA DA VÉRTEBRA L3 EM DIFERENTES PACIENTES DO GÉNERO FEMININO <i>Sónia F. D. Silva, Elza M. M. Fonseca e Luísa M. S. Barreira</i> .....	223
INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE PENETRAÇÃO NO LIMAR DA DOR À COMPRESSÃO <i>Micaela Rodrigues, Vera Bernardo, Paula Silva and Célio Figueiredo-Pina</i> .....	229
ESTIMATION OF CADAVERIC RIGIDITY – MODIFICATIONS OF THE MECHANICAL PROPERTIES <i>F. Ferreira, P. Martins e R.N. Jorge</i> .....	235
BIOMECHANICAL MODELS FOR HUMAN GAIT ANALYSES USING INVERSE DYNAMICS FORMULATION <i>Pedro Moreira, Urbano Lujrís, Javier Cuadrado, Paulo Flores</i> .....	241
ESTUDO CASO DA EFICIÊNCIA MECÂNICA NA EXECUÇÃO DO TOQUE AO LADO, DA GINÁSTICA AERÓBICA, NUM PRATICANTE INEXPERIENTE <i>Cristiana Mercê, Andreia Raposo, Carolyne Silva, Lílíana Faúlba, Ana Conceição, Hugo Louro, Vítor Milbeiro e Marco Branco</i> .....	247
FINITE ELEMENT SIMULATION OF DAILY ACTIVITIES HELD BY THE INTERVERTEBRAL DISC <i>Hélder Correia, André Castro, J.C.P. Claro e J.L. Alves</i> .....	253
ARTICULAÇÃO DA ANCA: MODELO BIOMECÂNICO BASEADO NA ANATOMIA ESPECÍFICA DO PACIENTE <i>D.G. Tavares, J. Lourenço, F.M.F. Simões, E.B. Pires e P.A. Rego</i> .....	259
MODELLING OF A PROSTHETIC HAND FEATURING INDIVIDUAL GRIP ON EACH ONE OF THE FIVE FINGERS <i>Joana Rosa, Joana Sousa and R. Baptista</i> .....	265
VALIDAÇÃO DE ELÉTRODOS TÊXTEIS PARA MEDIÇÃO DE ELETROMIOGRAFIA <i>Pedro Fonseca, Márcio Borgonovo-Santos, André Catarino, João Paulo Vilas-Boas, Miguel Velbote Correia</i> .....	271

ANÁLISE CINEMÁTICA 3D DA TÉCNICA FOSBURY FLOP <i>Paulo Oliveira, Rui B. Ruben e Pedro Morouço</i> .....	277
LOWER LIMB KINEMATICS OF TRANSFEMORAL AMPUTEES' GAIT: A PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS APPROACH <i>Denise Soares, Marcelo Castro, Emilia Mendes and Leandro Machado</i> .....	281
UNDERSTANDING THE ROLE OF THE ANNULUS FIBROSUS IN THE BIOMECHANICS OF THE INTERVERTEBRAL DISC <i>Clara Cavalcanti, J. L. Alves</i> .....	285
OFF INFLUENCES THE NUMBER OF MICROTUBULES AT THE BASE OF PRIMARY CILIA <i>Lina C. Espinha, David A. Hoey, Paulo R. Fernandes, Hélder C. Rodrigues e Christopher R. Jacobs</i> .....	291
ANÁLISE AO DESEMPENHO DE ATLETAS NO LANÇAMENTO DO DARDO <i>Diogo Correia, João Matias, Nuno André, Paulo A. P. Gameiro e Rui B. Ruben</i> .....	295
FABRICAÇÃO DE MICROCANAIS UTILIZANDO O MÉTODO DE XUROGRAFIA: VISUALIZAÇÃO DA CAMADA LIVRE DE CÉLULAS <i>E. Pinto, D. Pinho, D. Bento, T. Correia, V. Garcia, R. Dias, J. M. Miranda, R. Lima</i> .....	301
ESTIMAÇÃO E ANÁLISE AUTOMÁTICA DE PARÂMETROS DA POSTURA ERGONÔMICA UTILIZANDO SENSORES DE PROFUNDIDADE <i>Darlan Quintanilha, Aristóфанes Silva e Anselmo Paiva</i> .....	307
ANÁLISE BIOMECÂNICA DAS FRATURAS DO FÉMUR: ESTUDO PRELIMINAR DE UMA HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA <i>Maria G. A. Fernandes, Daniel N. Rocha, Jorge V. L. Silva, Elza M. M. Fonseca, Marcos P. Barbosa</i> .....	313
TRANSFEMORAL AMPUTEES' GAIT: PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF THE KNEE MOMENTS <i>Denise Soares, Marcelo Castro, Emilia Mendes and Leandro Machado</i> .....	319
DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMAS DE FORÇAS EXTENSOMÉTRICAS SUBAQUÁTICAS PARA APLICAÇÃO EM NATAÇÃO DESPORTIVA <i>Karla de Jesus, Hélio Roesler, Kelly de Jesus, Luis Mourão, Ricardo J. Fernandes, Mário Vaz, João Paulo Vilas-Boas</i> .....	323
DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA MARCHA EM DOENTES COM ORTÓTESES TORNOZELO-PÉ <i>C. Pessoa, F. Martins, I. Fonseca, L. Roseiro, A. Almeida F. Carvalho</i> .....	329
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DOS DISCOS INTERVERTEBRAIS DA REGIÃO LOMBAR QUANDO SUJEITOS A CARGAS VERTICAIS <i>Bebiana Mendonça, João Ribeiro, Mário Vaz e H. Lopes</i> .....	335
MEASUREMENT OF RED BLOOD CELLS DEFORMATION INDEX IN A HYPERBOLIC MICROCHANNEL <i>Vera Faustino, Diana Pinho, Tomoko Yaginuma, Ricardo C. Calbelha, Geyong Man-Kim, Sergio Arana, Rui Lima, Isabel C.F.R. Ferreira and Mónica S.N. Oliveira</i> .....	341
PESQUISA DA CONFIGURAÇÃO ÓTIMA DA PRÓTESE ARTERIAL USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS <i>Linda V. S. Alves, Catarina F. Castro e Luísa C. Sousa</i> .....	345
DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL APPARATUS TO DETERMINE IMPACT RESPONSE OF ARTICULAR CARTILAGE <i>Janeite Alves, Pedro Correia, Nuno Peixinho e Paulo Flores</i> .....	349
AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DE VÁRIOS MÚSCULOS DA PERNA QUANDO SUBMETIDOS A EXERCÍCIO FÍSICO INTENSO COM A TÉCNICA BOLD <i>Ana Rita Justo Pereira, José Nuno Alves, Sérgio Saraiva Alves, Filipa João, Mário Forjaz Secca e António Veloso</i> .....	355

CELL-FREE LAYER MEASUREMENTS IN A BIFURCATION MICROCHANNEL: COMPARISON BETWEEN A MANUAL AND AUTOMATIC METHODS <i>David Bento, Diana Pinbo, Elmano Pinto, Tomoko Yaginuma, Teresa Correia, José Lima, Ana I. Pereira, Carla S. Fernandes, Ricardo Dias, Rui Lima</i> .....	359
AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DOS MÚSCULOS DA PERNA POR IRM ATRAVÉS DE T2 <i>José Nuno Alves, Ana Rita Justo Pereira, Sérgio Saraiva Alves, Filipa Oliveira João, Mário Forjaz Secca e António Prieto Veloso</i> .....	363
DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE DESGASTE EM PRÓTESE TOTAL DE QUADRIL <i>Michel Haddad, Mauro Pedro Peres e Marcelino Pereira Nascimento</i> .....	367
FABRICO DE UMA PRÓTESE FEMORAL POR MAQUINAGEM CNC NUMA FRESADORA DE 3 EIXOS <i>Pedro Ferreira, Fernando Simões, Carlos Relvas e António Ramos</i> .....	371
ANÁLISE DE PONTE SOBRE IMPLANTES DENTÁRIOS USANDO UM MÉTODO SEM MALHA <i>H.M.S. Duarte, J. Belinha, L.M.J.S. Dinis e R.M. Natal Jorge</i> .....	377
ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CIMENTO-EM-CIMENTO NA REVISÃO DA ARTROPLASTIA DA ANCA <i>Nuno Jorge, Luís Roseiro, Fernando Simões e Pedro Carvalhais</i> .....	379
ENHANCED VELOCITY OF RED BLOOD CELLS IN HIGHLY BRANCHED VESSELS: INFLUENCE OF THE VESSELS DIAMETER <i>Bianca Pires, Luís Pimparel, Diana Pinbo, Rui Lima and Ricardo Dias</i> .....	385
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE UMA PRÓTESE PARA CICLISTAS COM AMPUTAÇÃO TRANSTIBIAL <i>P. Ferreira, L. Roseiro, V. Lopes, I. Costa, J. Almeida e Telmo Pinão</i> .....	391
BIOMECÂNICA DA COLUNA CERVICAL: INFLUÊNCIA DOS LIGAMENTOS <i>P. C. Fernandes, J. Folgado e P. R. Fernandes</i> .....	397
AUTOMATIC CALCULATION OF THE SKIN'S LINES OF NON-EXTENSION AT THE ANKLE JOINT <i>Sara P. Marreiros, Ana R. Domingues, Jorge M. Martins, Miguel T. Silva and Dava J. Newman</i> .....	401
DESENVOLVIMENTO DE UM MICRODISPOSITIVO BIOMÉDICO PARA A SEPARAÇÃO DE CÉLULAS SANGUÍNEAS <i>Susana Novais, Diana Pinbo, Ana I. Pereira, Maite Mujika, Sergio Arana, Rui Lima</i> .....	407
THERMO-MECHANICAL BEHAVIOR OF TRANSTIBIAL PROSTHESIS INTERFACES: INFLUENCE ON CORRECT PROSTHETIZATION <i>Adriana Cavaco, A. Ramalho, Sandra Pais and Luísa Durães</i> .....	411
COMPARAÇÃO DE CRIANÇAS COM E SEM JOELHOS VALGOS, PRATICANTES DE HÓQUEI EM PATINS, UTILIZANDO SISTEMAS DE ANÁLISE DE MOVIMENTO <i>Nuno M.J. Oliveira, Rubim Santos, M.A.P. Vaz e M.A. Marques</i> .....	417
MODELING AND ANALYSIS OF AN ANKLE-FOOT ORTHOSIS (AFO) USING MULTIBODY METHODOLOGIES <i>P. Ferreira, F. G. Flores, P. Flores, M. Siebler and A. Kecskeméthy</i> .....	423
ANÁLISE CINEMÁTICA DA TÉCNICA DE CRAWL EM DIFERENTES VARIANTES DE UM PROTOCOLO INCREMENTAL E INTERMITENTE PARA OBTENÇÃO DO VO2MÁX <i>Kelly de Jesus, Karla de Jesus, João Paulo Vilas-Boas e Ricardo J. Fernandes</i> .....	429
PROJETO, CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM PEDAL INSTRUMENTADO PARA BICICLETA <i>Vitor Lopes, Luís Roseiro, Pedro Ferreira, Inácio Costa e José Almeida</i> .....	435

CONSIDERAÇÕES HIDRODINÂMICAS DE VÁLVULAS NEUROLÓGICAS DE DERIVAÇÃO LIQUÓRICA <i>Camila Bim, Edson Del Rio Vieira, Sérgio Said Mansur, Marcos Pinotti, José Ricardo Camilo e Angelo Luiz Maset</i> .....	441
IMAGE FILTERING, CONTRAST ENHANCEMENT AND DEFORMATION ANALYSIS OF COMPLEX ANATOMICAL CONDUITS AND MICROCIRCULATION EXPERIMENTS. <i>Ana J. João, Alberto M. Gambaruto e Adélia Sequeira</i> .....	445
ÚLTIMOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉCTRICA FUNCIONAL NA MARCHA <i>Cátia Galvão, Carlos Vasconcelos, Jorge Martins, Miguel Silva, Paulo Melo</i> .....	451
CONTROL OF A FORCE SENSING ACTUATOR TO ASSIST THE ANKLE JOINT MOVEMENT <i>Carlos F. Vasconcelos, Paulo L. Melo, Jorge M. Martins and Miguel T. Silva</i> .....	457
ANÁLISE CINEMÁTICA DO PUTTING EM JOGADORES PERITOS: ESTUDO DO EFEITO DO AFASTAMENTO DA BOLA AO BURACO <i>Gonçalo Dias, Rui Mendes, Maria António Castro, Micael Conceiro, Orlando Fernandes, João Paulo Vilas-Boas</i> .....	463
PLATAFORMA ELECTROMECASTRÓNICA PARA EXERCÍCIOS FISIOTERAPÊUTICOS DE ELEVADA PRECISÃO <i>Ana L. G. Fernandes<sup>1</sup>, Fernando J. T. E. Ferreira e Miguel Couceiro</i> .....	467
AVALIAÇÃO DO EFEITO DO EXERCÍCIO INTENSO NA ESTRUTURA E ARQUITECTURA DE VÁRIOS MÚSCULOS DA PERNA ATRAVÉS DE TENSORES DE DIFUSÃO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA <i>Sérgio Saraiva Alves, Ana Rita Justo Pereira, José Nuno Alves, Filipa João, Mário Forjaz Secca e António Veloso</i> .....	471
GESTURE'S NARRATIVE IN CONTEMPORARY MUSIC FOR PERCUSSION: A PRELIMINARY RESEARCH. <i>Aroso N., Baltazar A., Lourenço S., Martins L.G., Ferreira Lopes P.</i> .....	475
OPTIMIZAÇÃO DE FORMA MULTI-OBJECTIVO DE UM STENT CORONÁRIO <i>Nelson Ribeiro, João Folgado e Hélder Rodrigues</i> .....	481
REMODELAÇÃO ÓSSEA DA OMOPLATA APÓS UMA ARTROPLASTIA TOTAL DO OMBRO <i>Carlos Quental, João Folgado, Paulo Fernandes e Jacinto Monteiro<sup>4</sup></i> .....	487
ANÁLISE DO ÂNGULO DE PENACÃO DO GASTROCNÉMIO NUMA POPULAÇÃO JOVEM SEDENTÁRIA E ATIVA. <i>Maria António Castro, Alexandra André, Margarida Pocinbo, Paula Tavares, Orlando Fernandes</i> .....	491
INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DO ATLETA NA BICICLETA NA DISTRIBUIÇÃO DO PESO CORPORAL PELO SELIM E PELO GUIADOR EM CICLISTAS NÃO COMPETITIVOS <i>Vitor Milbeiro; Hugo Louro; Marco Branco; Ana Conceição</i> .....	497
FIBER OPTIC SENSORS FOR BIOMECHANICAL AND BIOMEDICAL APPLICATIONS <i>Paulo Roriz, Orlando Frazão, José Luís Santos and José Simões</i> .....	503
IS THE CALLUS SHAPE AN OPTIMAL RESPONSE TO A MECHANOBIOLOGICAL STIMULUS? <i>F. Ribeiro, P.R. Fernandes, J. Folgado, J.M. García-Aznar</i> .....	509
MARCHA DO OBESO: RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DAS FORÇAS DE REACÇÃO DO SOLO ANTES E APÓS CIRURGIA BARIÁTRICA. <i>Mafalda Cortez, Marcelo P. Castro, Sofia Abreu, Maria João Matos, Paula Freitas, Davide Carvalho, Leandro Machado</i> .....	515
DESENVOLVIMENTO DE CORDAS BIODEGRADÁVEIS EM PDO PARA REGENERAÇÃO DE LIGAMENTOS <i>André C. Vieira, Joana C. Vieira, Juliana Cruz, Raul Figueiro e Rui M. Guedes</i> .....	517
DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE DE SCAFFOLDS PARA ENGENHARIA DO TECIDO ÓSSEO UTILIZANDO DFC <i>Rubina Marques, Marta Dias, José Miranda Guedes e Paulo Fernandes</i> .....	523

HIDROGÉIS BASEADOS EM ALGINATO PARA A REGENERAÇÃO DE PELE <i>Rúben F. Pereira, Ausenda Mendes e Paulo J. Bártolo</i> .....	529
THE ELASTIC PROPERTIES OF THE BREAST SKIN <i>Nílza Ramião, Pedro Martins e António Fernandes</i> .....	535
ANÁLISE DE TENSÕES NO TORNOZELO ANTES E APÓS UMA ARTROPLASTIA TOTAL <i>Daniela Rodrigues, João Folgado e Paulo Fernandes</i> .....	541
ANÁLISE DAS PROPRIEDADES BIOMECÂNICAS DO PAVIMENTO PÉLVICO E DO FETO <i>M.E.T. Silva, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge, T. Mascarenbas, A.A. Fernandes</i> .....	547
NUMERICAL STUDY OF THE FLOW OF A BLOOD ANALOG FLUID IN A BIFURCATION WITH A STENOSIS: PULSATILE FLOW AND ELASTICITY OF THE FLUID <i>S.I.S. Pinto, E.D. Costa, J.B.L.M. Campos, J.M. Miranda</i> .....	553
DISTRIBUIÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES DO PAVIMENTOS PÉLVICO: COMPARAÇÃO ENTRE TRATOGRAFIA E MODELO DE ELEMENTOS FINITOS <i>Sofia Brandão, Marco Parente, Thuane Roza, Hugo Ferreira, Teresa Mascarenbas, Isabel Ramos, Renato Natal Jorge</i> .....	559
INFLUÊNCIA DA IDADE NA MOBILIDADE DO PAVIMENTO PÉLVICO EM MULHERES COM INCONTINÊNCIA URINÁRIA DE ESFORÇO <i>Thuane Da Roza, Sofia Brandão, Teresa Mascarenbas, José Alberto Duarte, Marco Parente e Renato Natal Jorge</i> .....	565
COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DO PÉ TRAUMÁTICO PRÉ E PÓS ORTÓTESE PLANTAR <i>Rodrigues, F., Ramos, A., Duarte, R. J., Relvas, C., Completo, A., Simões, J. A.</i> .....	569
PRODUÇÃO DE MEMBRANAS DE ALGINATO DE SÓDIO CONTENDO LEVODOPA E SUA LIBERTAÇÃO CONTROLADA <i>Margarida Franco, Tânia Viana, Sara Biscaia e Paulo Bártolo</i> .....	571
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DOS DANOS NOS MÚSCULOS DO PAVIMENTO PÉLVICO DURANTE UM PARTO VAGINAL <i>P. Maia, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge, A.A. Fernandes</i> .....	577
FEMORAL NECK BONE ADAPTATION TO HABITUAL WEIGHT-BEARING PHYSICAL ACTIVITY BY COMPUTATIONAL ANALYSIS <i>M. M. Machado, P. R. Fernandes, G. Cardadeiro and F. Baptista</i> .....	581
DISPOSITIVO MECÂNICO PARA A PRÁTICA DE CICLISMO ADAPTADO COM COMPETIÇÃO EM CLASSE C2 <i>L. Roseiro, P. Ferreira, V. Lopes, I. Costa, J. Almeida e T. Pinão</i> .....	587
INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA DO PARAFUSO NA TRANSFERÊNCIA DE CARGA NA PRÓTESE TMJ, ESTUDO NUMÉRICO <i>Ramos, A., Mesnard, M., Relvas, C., Completo, A., Simões, J. A.</i> .....	591
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA ENTRE ESTRUTURAS DE ZIRCONIA DE 3 MARCAS: VITA IN-CERAM YZ, SIRONA INCORIS ZI E IVOCLAR IPS EMPRESS CAD <i>Gonçalo Silva, Lúcia Carvalho</i> .....	597
ESTUDO MECÂNICO DE NANOCOMPÓSITOS PLA/GNP E COMPÓSITOS PLA/BIOVIDRO PARA DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO LIGAMENTAR <i>Viviana Correia Pinto, José Xavier, Artur Pinto, Fernão D. Magalhães, Rui Miranda Guedes</i> .....	601
MODELOS CONSTITUTIVOS HIPERELÁSTICOS PARA A MODELAÇÃO NUMÉRICA DO TECIDO MUSCULAR DO PAVIMENTO PÉLVICO <i>Dulce A. Oliveira, Marco P.L. Parente e Renato M. Natal Jorge</i> .....	607

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA POR CIMENTAÇÃO OU FURAÇÃO NUM MODELO DENTÁRIO <i>Kelly Magalhães, Elza M. M. Fonseca e Diana C. A. Monteiro</i> .....	613
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE ESTRUTURAS ÓSSEAS UTILIZANDO UMA FORMULAÇÃO ISOGEOMÉTRICA <i>R.P. Tavares, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge, A.A. Fernandes</i> .....	619
DISTINÇÃO ENTRE INCIDÊNCIAS NUMA MAMOGRAFIA <i>Rita Filipa S. Teixeira e João Manuel R. S. Tavares</i> .....	62
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ORIENTAÇÃO DINÂMICA PARA UM ACTUADOR FLUÍDICO FLEXÍVEL <i>Daniel Pina, Joaquim G. Mendes, Renato N. Jorge, António Augusto Fernandes, António Moreira</i> .....	631
ANÁLISE DA PRESSÃO PLANTAR EM ATLETAS (8-14 ANOS) EM FUNÇÃO DA CLASSE OCLUSAL MOLAR DE ANGLE <i>Marta América, Janete Leiras, Joaquim Moreira, Lídia Carvalho</i> .....	637
ANÁLISE BIOMECÂNICA DO PROTOCOLO – SALTO COM CONTRA MOVIMENTO <i>Paulo A. G. Piloto, Luísa M. S. Barreira</i> .....	643
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO POSICIONAMENTO DA BICICLETA NAS VIBRAÇÕES INDUZIDAS AO CORPO HUMANO EM PRÁTICA DE CICLISMO INDOOR <i>Paulo Dechichi, Leandro Furtado, Carlos Alcobia, Luís Roseiro e Ana Amaro</i> .....	649
TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA EM ARTROPLASTIAS DO JOELHO <i>Carlos Alcobia, Luís Roseiro, Pedro Carvalhais, Augusta Neto</i> .....	655
ESTUDO NUMÉRICO DA INFLUÊNCIA DA RESOLUÇÃO DA TAC NO COMPORTAMENTO DO ÚMERO. UM CASO CLÍNICO. <i>Bola, M., Ramos, A., Rebas, C., Completo, A., Simões J.A.</i> .....	659
ANÁLISE VASCULAR DE SCAFFOLDS SOB DEGRADAÇÃO <i>Susana R. Almeida, Henrique A. Almeida e Paulo J. Bártolo</i> .....	665
DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA INTEGRADA PARA AVALIAÇÕES ERGONÓMICAS <i>Ana Catarina Mateus, Henrique A. Almeida e Nuno Alves</i> .....	669
APLICAÇÃO COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO À SELEÇÃO DE PRÓTESE PARA A ARTROPLASTIA DA ANCA <i>Pedro Carreira, Henrique A. Almeida e Paulo J. Bártolo</i> .....	675
TÉCNICAS DE EXTRUSÃO PARA PRODUÇÃO DE SCAFFOLDS PARA APLICAÇÕES EM ENGENHARIA DE TECIDOS <i>Sara Biscaia, Tânia Viana, Henrique A. Almeida e Paulo J. Bártolo</i> .....	681
3D COMPARISON BETWEEN MIMICS AND INVESALIOUS BONE RECONSTRUCTION MODELS <i>Ruba Zeibak, Dino Freitas, Henrique A. Almeida and Paulo J. Bártolo</i> .....	683
DEVELOPMENT OF A WALKING INTEGRATIVE REHABILITATION DEVICE <i>Manabu Okui, Dino Freitas, Henrique A. Almeida and Paulo J. Bártolo</i> .....	689
ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA TEMPORAL DOS MÚSCULOS DO TRONCO DURANTE O SWING COM DIFERENTES TACOS DE GOLFE <i>Luís Silva, Sérgio Marta, João Vaz, Orlando Fernandes, Maria António Castro, Andreia De Paula, Pedro Pezarat-Correia</i> .....	695
EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO COLAGÉNIO DE ESCAMAS DE SARDINHA <i>Ermelinda Alves Almeida, Daniela C. Vaz e Ausenda L. A. Mendes</i> .....	701

REABILITAÇÃO VESTIBULAR EM SÍNDROMES VERTIGINOSAS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO EM ELEMENTOS FINITOS <i>Carla Santos, Fernanda Gentil, Carolina Garbe, Marco Parente, Renato Natal Jorge</i> .....	707
INFLUÊNCIA DAS FLANGES NAS PRÓTESES CIMENTADAS DA ARTICULAÇÃO DA ANCA <i>Ángela Pedrosa e Rui B. Ruben</i> .....	713
ANÁLISE DINÂMICA DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO OUVIDO MÉDIO COM PRÓTESE TOTAL <i>Fernanda Gentil, Marco Marques, Carolina Garbe, Carla Santos, Marco Parente, Pedro Martins, Renato Jorge</i> .....	719
CONTRIBUIÇÃO DOS MOMENTOS DE FORÇA DOS MEMBROS INFERIORES PARA A ACELERAÇÃO DO CENTRO DE MASSA NA PARTIDA DE BLOCOS <i>Sílvia Cabral, Vera Moniz-Pereira, Filipa João e António P. Veloso</i> .....	723
LIPOTOOL: ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO TECIDULAR <i>T. F. Andrade, M. T. Restivo, M. R. Quintas, M. F. Chouzal, C. M. Silva, T. M. Amaral</i> .....	729
ANALYSIS OF THE BILATERAL COORDINATION PATTERNS OF LOWER LIMB SEGMENTS AT DOWN SYNDROME IN RUNNING <i>Andreas Skiadopoulos, Carlos Espino Palma and Kostas Gianikellis</i> .....	733
3D KINEMATICS OF SURGEONS' UPPER-ARM ROTATION IN LAPAROSCOPY <i>Andreas Skiadopoulos, Carlos Espino Palma and Kostas Gianikellis</i> .....	737
"DINAMSOFT 1.0": A SOFTWARE FOR 3D BIOMECHANICAL ANALYSIS OF STANDARD FORCE TRAINING EXERCISES AND WEIGHT LIFTING <i>Kostas Gianikellis, Andreas Skiadopoulos, Jorge Barrios Muriel and Ignacio Domínguez</i> .....	741
CIMENTO ÓSSEO ACRÍLICO CONTENDO ANTIBIÓTICOS: AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS <i>Matos A, Vaz M., Almeida AJ, Bettencourt A</i> .....	745
ESTIMATING LEG MUSCLES SHORT-RANGE STIFFNESS IN VIVO AT DIFFERENT KNEE ANGLES <i>Ana C. V. Ferreira, Erwin de Vlugt, Jurriaan H. de Groot and Hugo A. Ferreira</i> .....	751
ANÁLISE DO MOVIMENTO DE LEVANTAR: ESTUDO DE CASO <i>Rita Proença, Clara Cavalcanti</i> .....	757
DESENVOLVIMENTO DE UMA CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA DE BAIXO CUSTO <i>Samuel F. Do Nascimento, Keyll Carlos R. Martins, Vítor R. P. Santos e Lidia Santos P. Martins</i> .....	763
INFLUENCE OF RESTORATIVE TECHNIQUE ON THE FRACTURE RESISTANCE AND MODE, STRAIN, AND STRESS DISTRIBUTION OF ENDODONTICALLY TREATED MAXILLARY PREMOLARS. <i>Milito, Giovana A., Novais, Veridiana R., Noritomi, Pedro Y., Araújo, Cleudmar A., Gomide, Henner A., Fernandes Net, Alfredo J., Soares, Carlos J., Soares, Paulo V.</i> .....	769
INFLUENCE OF RESTORATIVE TECHNIQUE, CERVICAL LESION AND TYPE OF LOAD ON THE BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF ENDODONTICALLY TREATED MAXILLARY PREMOLARS <i>Machado, Alexandre C., Pereira, Fabícia A., Reis, Bruno R., Milito, Giovana A., Zeola, Livia F., Meira, Josete B.C., Cesar, Paulo F., Soares, Paulo V.</i> .....	775
INFLUENCE OF NON-CARIOUS CERVICAL LESIONS MORPHOLOGY LOAD TYPE AND RESTORATION ON BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF MAXILLARY PREMOLARS: A FINITE ELEMENT ANALYSIS. <i>Vilela, Ana L.R, Machado, Alexandre C., Milito, Giovana A., Zeola, Livia F., Faria, Vítor L.G., Naves, Marina F.L., Souza, Paola G., Soares, Paulo V.</i> .....	781

NON-CARIOUS CERVICAL LESIONS: INFLUENCE OF MORPHOLOGY AND LOAD TYPE ON BIOMECHANICAL BEHAVIOUR OF MAXILLARY INCISORS <i>Tolentino, Andrea B., Faria, Vitor L.G., Naves, Marina F.L., Michael, Jason A., Ranjitkar, Sarbin, Kaidonis, John, Townsend, Grant and Soares, Paulo V.</i> .....	787
INFLUENCE OF DENTAL CORONARY STRUCTURE REDUCTION ON BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF UPPER PREMOLARS <i>Zeola, Livia F. , Santos-Filbo, Paulo C.F., Menezes, Murilo S., Novais, Veridiana R., Neves, Flávio D., Fernandes-Neto, Alfredo J., Soares, Carlos J., Soares, Paulo V.</i> .....	793
INFLUENCE OF ABFRACTION DEPTH, ROOT MORPHOLOGY AND LOADING ON THE MECHANICAL BEHAVIOR OF PREMOLARS <i>Naves, Marina F.L., Souza, Lorraine V., Pereira, Fabricia A., Reis, Bruno R., Machado, Alexandre C., Milito, Giovana A., Fernandes-Neto, Alfredo J., Soares, Paulo V.</i> .....	799
EFFECTS OF NCCL LESION SIZE AND LOADING CONDITIONS ON STRESSES AND STRAINS IN PREMOLAR TEETH <i>Souza, Paola G., Spini, Pedro H.R., Zeola, Livia F., Milito, Giovana A., Faria, Vitor L.G., Machado, Alexandre C., Pereira, Fabricia A., Soares, Paulo V.</i> .....	805
EFFECT OF NON-CARIOUS CERVICAL LESIONS AND CORONARY STRUCTURE LOSS ASSOCIATION ON BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF MAXILLARY PREMOLARS. <i>Gonzaga, Ramon C.Q., Souza, Paola G., Tolentino, Andrea B., Zeola, Livia F., Milito, Giovana A., Machado, Alexandre C., Reis, Bruno R., Soares, Paulo V.</i> .....	811
INFLUENCE OF TYPE PREPARATION AND RESTORATIVE MATERIAL ON STRESS DISTRIBUTION IN PREMOLARS <i>Faria, Vitor L.G., Reis, Bruno R., Pereira, Fabricia A., Meira, Josete B.C., Souza, Paola G., Machado, Alexandre C., Quagliatto, Paulo S., Soares, Paulo V.</i> .....	817
MECHANICAL BEHAVIOUR OF THE PIP BREAST IMPLANTS UNDER COMPRESSION <i>Rita Rynkevici, Pedro Martins, Marco Parente, Maria Barroso, Diana Santos, Renato Natal</i> .....	823
ANÁLISE DO CAMPO DE DEFORMAÇÕES NOS LIGAMENTOS CRUZADOS DO JOELHO COM FORMULAÇÃO ISOGEOMÉTRICA <i>J.P.S. Ferreira, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge e A.A. Fernandes</i> .....	829
ESTUDO BIOMECÂNICO DO ÚTERO DURANTE O PARTO <i>P. Rocha, M.P.L. Parente, R.M. Natal Jorge e T. Mascarenhas</i> .....	835
INFLUENCE ROOT MORPHOLOGY ON BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF ENDODONTICALLY TREATED MAXILLARY PREMOLARS <i>P.V. Soares, M.S. Menezes, P.C.F. Santos-Filbo, P. Noritomi, C.J. Soares, A.J. Fernandes-Neto, L.R.M. Martins</i> .....	839
ON THE DEVELOPMENT OF ADVANCED METHODOLOGIES TO ASSIST ON THE DIAGNOSIS OF HUMAN ARTICULATIONS PATHOLOGIES: A BIOMECHANICAL APPROACH <i>Ana Leal, Filipe Silva, Paulo Flores, Hélder Pereira, João Espregueira-Mendes</i> .....	845
A PERSPECTIVE ON BONE-CEMENT INTERFACE LOOSENING IN HIP IMPLANTS <i>Natacha Rosa, António Torres Marques</i> .....	851

## ANÁLISE BIOMECÂNICA DAS FRATURAS DO FÊMUR: ESTUDO PRELIMINAR DE UMA HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA

*Maria G. A. Fernandes*<sup>1</sup>, *Daniel N. Rocha*<sup>2</sup>, *Jorge V. L. Silva*<sup>3</sup>,  
*Elza M. M. Fonseca*<sup>4</sup>, *Marcos P. Barbosa*<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Tecnologia Biomédica, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; [mariagoreti\\_fernandes@hotmail.com](mailto:mariagoreti_fernandes@hotmail.com)*

<sup>2</sup> *Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil; [danielnr.mecatronica@gmail.com](mailto:danielnr.mecatronica@gmail.com)*

<sup>3</sup> *Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Brasil; [jorge.silva@cti.gov.br](mailto:jorge.silva@cti.gov.br)*

<sup>4</sup> *Departamento de Mecânica Aplicada, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; [efonseca@ipb.pt](mailto:efonseca@ipb.pt)*

<sup>5</sup> *Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil; [pinotti@ufmg.br](mailto:pinotti@ufmg.br)*

**PALAVRAS CHAVE:** Biomecânica, Fratura, Fémur, Prótese, Haste intramedular bloqueada

**RESUMO:** *O principal objetivo deste estudo é incidir na análise biomecânica das fraturas do fémur e no projeto de próteses femorais. O estudo efetuado teve o acompanhamento clínico de cirurgias à diáfise do fémur, em hospitais especializados no Brasil. Será apresentado um estudo preliminar de uma haste intramedular bloqueada por elementos finitos para análise no conjunto biomecânico osso-implante.*

### 1 INTRODUÇÃO

As fraturas diafisárias do fémur estão entre as mais comuns na clínica ortopédica. São lesões graves, decorrentes de forças violentas e provêm, na maioria das vezes de acidentes de alta energia, como acidentes de carro, moto, atropelamento e quedas de altura, envolvendo geralmente jovens adultos, [1]. No tratamento deste tipo de fraturas existem diferentes técnicas e diversos tipos de implantes que podem ser utilizados para a sua estabilização. No entanto, é inevitável que a escolha do melhor implante não esteja influenciada pela preferência e experiência pessoal do cirurgião, bem como pela disponibilidade de implantes, instrumentos e imagens intra-operatórias adequadas para a realização da osteossíntese, [2]. Em hospitais do Brasil é muito comum o uso de hastes intramedulares bloqueadas e fresadas na fixação deste tipo de fraturas. Desta forma, procurou-se desenvolver um estudo,

segundo o acompanhamento clínico de cirurgias à diáfise do fémur, em hospitais especializados no Brasil que avalie biomecanicamente o conjunto implante osso, com o objetivo de otimizar a melhor forma da prótese atendendo ao seu desempenho.

### 2 O TECIDO ÓSSEO

O tecido ósseo, principal componente do sistema esquelético, é definido em cinco níveis hierárquicos (a macroestrutura, a microestrutura, a sub-microestrutura, a nanoestrutura e a sub-nanoestrutura) que interagem entre si para o correto funcionamento de diversas funções, conforme se apresenta na figura 1.

A estrutura do tecido ósseo é organizada e irregular conferindo-lhe um carácter heterogéneo e anisotrópico. Do ponto de vista macroestrutural, o osso pode ser diferenciado em cortical e trabecular.

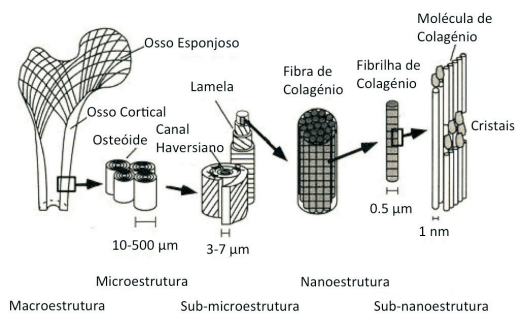


Fig. 1 Níveis hierárquicos da estrutura óssea, [3].

O osso cortical forma a superfície externa de todos os ossos e é composto por camadas lamelares dispostas quer em paralelo (estrutura plexiforme), quer orientadas radialmente com porosidade da ordem de 5-30%.

O osso trabecular consiste numa estrutura porosa (30-90%) encontrada na região interna, sendo metabolicamente mais ativa do que o cortical, [4, 5].

O tecido ósseo é considerado rígido, proporcionando proteção, sustentação e transmissão da força de contração muscular de uma parte do corpo, para a outra durante o movimento humano, [6]. Assim, pode ser visto como um material com propriedades mecânicas que englobam a rigidez. Estas propriedades podem ser determinadas durante a aplicação de cargas e determinam a suscetibilidade que o osso tem em fraturar, [7].

## 2.1 FRATURAS ÓSSEAS, CLASSIFICAÇÃO

As fraturas ósseas são o resultado de uma sobrecarga única ou múltipla, com uma magnitude que excede o limite suportado pelo osso e ocorrem dentro de uma fração de um milissegundo. O efeito mecânico de uma fratura consiste primariamente numa perda da continuidade óssea, levando a uma mobilidade patológica, perda da função de suporte ósseo e o aparecimento de dor, [2]. Existem vários sistemas de classificação que tentam descrever e identificar os tipos de fraturas que podem ocorrer numa determinada região específica do osso. No presente estudo optou-se por seguir o

sistema de classificação desenvolvido pela AO (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*). Esta classificação, desenvolvida por Maurice E. Muller [8], organiza as fraturas de cada segmento ósseo (proximal, central e distal) em três tipos diferentes (A, B e C), de acordo com a gravidade da lesão. Quando se está perante uma fratura simples, classifica-se como sendo do tipo A, fraturas em cunha do tipo B e fraturas complexas do tipo C, conforme se representa na figura 2.

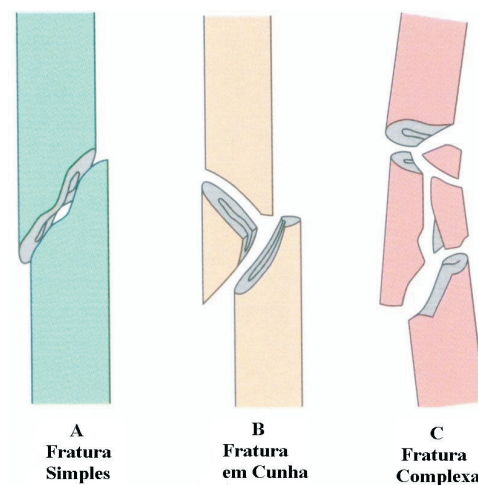


Fig. 2 Classificação das fraturas segundo AO, [2].

Cada tipo de fratura, posteriormente é subdividida em três grupos (A1, A2, A3; B1, B2, B3; C1, C2, C3) e nos seus subgrupos criando-se uma organização das fraturas hierárquica em tríades. A subdivisão definitiva de cada grupo em subgrupos, em geral só é possível após a cirurgia, quando os detalhes mais exatos da fratura estiverem estabelecidos. Esses grupos e subgrupos são então arranjados numa ordem ascendente de gravidade e de acordo com as complexidades morfológicas das fraturas, com as dificuldades inerentes no tratamento e de acordo com o prognóstico [2]. Na classificação AO de Muller, a diáfise femoral é identificada pelo número 32 [9], incluindo a região subtrocantérica (distal ao pequeno trocânter) e estende-se até à área supracondiliana.

### 3 ESTUDO CLÍNICO NUMA CIRURGIA

Para compreender melhor todo o procedimento de tratamento de fraturas diafisárias do fêmur, foi realizado o acompanhamento cirúrgico, deste tipo de fraturas, num centro hospitalar de Itabira, Brasil (Hospital Nossa Senhora das Dores). A cirurgia acompanhada, num paciente do género masculino com 23 anos de idade, registava uma fratura exposta e interna na diáfise do fêmur, no membro inferior direito, proveniente de um acidente de moto. O tratamento da fratura foi feito com a inserção de uma haste intramedular bloqueada, com fresagem do canal medular. O bloqueio foi feito com a adição de 3 parafusos de bloqueio à haste, aumentando a estabilidade da fixação. Distalmente o bloqueio foi realizado pela técnica da mão livre, utilizando dois parafusos bloqueados com diâmetro de 3,5mm. O bloqueio proximal foi feito através do guia proximal preso no mandril de inserção com um parafuso de 6,4mm de diâmetro. As imagens apresentadas na figura 3 são relativas às radiografias do paciente, antes e após a colocação da haste.



Fig. 3 Fratura diafisária do fêmur e vista pós-operatória da fratura após a inserção da haste intramedular (no Brasil).

### 4 MATERIAIS E GEOMETRIA DA HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA

A haste intramedular bloqueada com fresagem da cavidade medular é considerada por muitos ortopedistas o melhor método de tratamento perante fraturas da diáfise femoral. Ao fresar a cavidade medular é aumentada a área de contacto entre a haste e o osso, o que permite o uso de implantes com maior

diâmetro melhorando assim as propriedades mecânicas da interface osso-implante. Contudo, o processo de fresagem tem também algumas desvantagens biológicas inerentes, podendo aumentar a pressão intramedular e a temperatura. O aumento da temperatura poderá causar lesões nas camadas corticais por desvitalização devido à necrose óssea [2].

No uso do encavilhamento fresado é aconselhável o bloqueio. Os padrões estáveis de fratura são bloqueados através de um momento dinâmico, que permite a compressão axial e evita a instabilidade rotacional [2].

A haste intramedular bloqueável femoral para a aplicação em fixação óssea através do bloqueio intramedular pode ser visualizada na figura 4. Possui um corpo cilíndrico, três orifícios proximais e três orifícios distais para bloqueio através de parafuso ósseo. As hastes possuem diâmetros e comprimentos variados (tabela 1), sendo rígidas, com uma curvatura de 11 graus equivalente à curvatura do fêmur.

Tabela 1 Características de hastes intramedulares.

Diâmetro, mm	Comprimento, mm
10	340/360/380
11	340/360/380/400/420
12	340/360/380/400/420
13	380/400/420

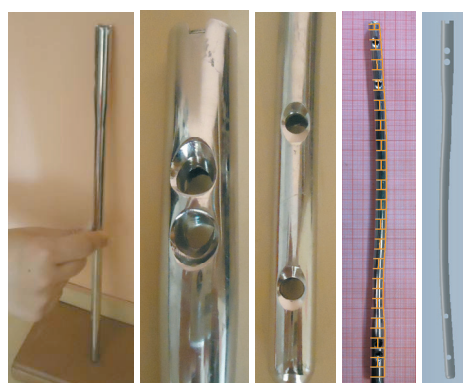


Fig. 4 Haste intramedular (Hexagon) e modelo CAD.

As hastes intramedulares podem ser fabricadas em liga de Titânio ou em Aço Inoxidável Austenítico. No hospital de

Itabira é utilizada a haste em aço inoxidável. Os parafusos possuem rosca e são auto-fresantes em aço inox ASTM F138. Têm corpo cilíndrico, com encaixe para chave no formato hexagonal.

No hospital de Itabira utilizam-se dois parafusos na zona distal do fêmur, como se representa na figura 5, e apenas um parafuso na zona proximal. Conforme se verifica na figura, os 2 parafusos de bloqueio ( $\text{Ø}3.5\text{mm}$ ) são utilizados na zona distal do fêmur e 1 parafuso de bloqueio ( $\text{Ø}6.4\text{mm}$ ) na região proximal.

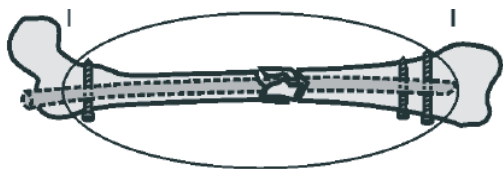


Fig. 5 Haste intramedular femoral, [10].

## 5 ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DO CONJUNTO SIMPLIFICADO OSSO-HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA FEMORAL

Utilizando as dimensões de uma haste com diâmetro de 10mm e comprimento 340mm, inserida num modelo idealizado osso cortical e trabecular, foi efetuada uma simulação por elementos finitos com elementos sólidos. Para o efeito utilizou-se o programa Ansys.

Na figura 6 representa-se o modelo biomecânico submetido a uma força de compressão de 700N.

As propriedades dos materiais utilizadas são relativas ao osso cortical e ao aço inoxidável. Para o osso cortical utilizou-se o módulo de elasticidade igual a 17GPa e para o aço inoxidável igual a 210GPa.

Os resultados numéricos apresentam as tensões equivalentes obtidas no conjunto biomecânico. Observa-se um estado de tensão crítico junto à zona da furação, que é função do conjunto biomecânico, seguindo a tendência do estudo efetuado por [10].

Na figura 7 pode verificar-se as tensões equivalente obtidas à superfície do osso

cortical. As tensões variam ao longo do comprimento assumindo em média, valores três vezes mais maiores junto à zona dos parafusos.

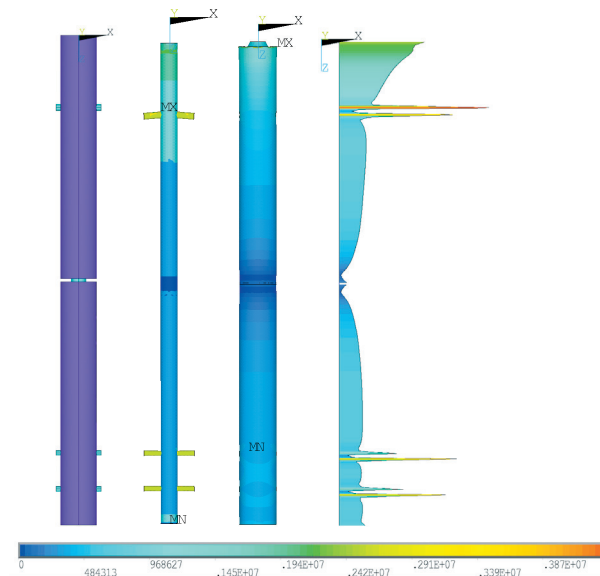


Fig. 6 Haste-osso, haste e parafusos, osso e distribuição de tensões, (0-0.387E07 Pa).

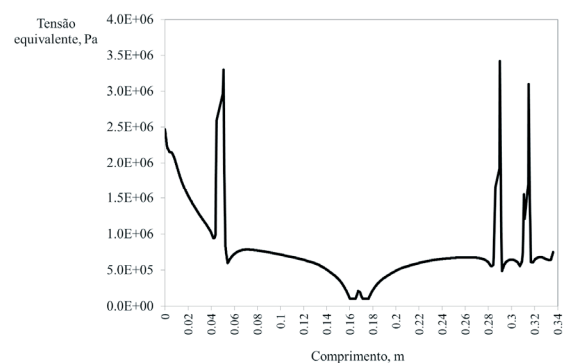


Fig. 7 Tensões equivalentes na superfície do osso cortical.

## 6 ESTUDO PRELIMINAR DA HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA FEMORAL NUMA SITUAÇÃO REAL

Utilizando as dimensões de uma haste com diâmetro de 11mm e comprimento 360mm foi gerado um modelo CAD em SolidWorks, conforme se representa na figura 4. Este modelo da haste foi posteriormente utilizado em conjunto com um biomodelo de um fêmur de um adulto, desenvolvido no Centro de Tecnologia da Informação, Renato Archer.

Utilizando os programas Invesalius e SolidWorks gerou-se um modelo CAD para o conjunto osso-implante-parafusos, conforme se verifica na figura 8.

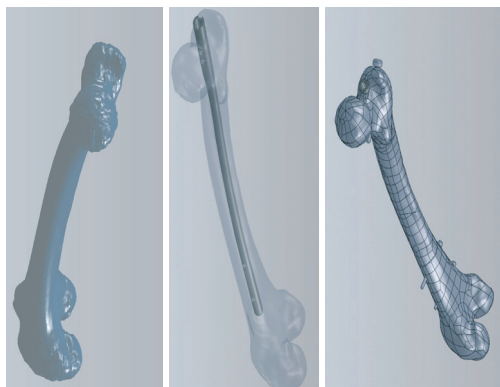


Fig. 8 Modelo CAD: fêmur, fêmur-implante e fêmur-implante-parafusos.

O modelo CAD do conjunto biomecânico será exportado num formato ASCII (SAT) para posterior utilização num programa de análise por elementos finitos, Abaqus.

O conjunto biomecânico osso-implante será submetido à compressão com um valor de força de 700N. As propriedades dos materiais referem-se aos materiais já utilizados, osso cortical e aço inoxidável, na análise do modelo simplificado.

## 7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Os resultados das tensões equivalentes desenvolvidas, tanto no conjunto simplificado, como no conjunto real (haste intramedular-osso), permitiram a visualização das zonas críticas da haste intramedular. As tensões obtidas junto à zona de furação da haste são as consideradas mais críticas, afetando a resistência do tecido ósseo adjacente. A zona da fratura do osso, quando comparada com a região da furação, apresenta valores inferiores de tensões equivalentes. Estudos efetuados a modelos com geometrias aproximadas indicam também este tipo de comportamento.

Como trabalhos futuros, pretende-se com o mesmo biomodelo real verificar a influência da tipologia de fratura óssea, de

acordo com a classificação AO, no resultado do campo de tensões. Perceber ainda, a relação que existe entre os diâmetros da furação da haste intramedular com a variação do campo de tensões.

## AGRADECIMENTOS

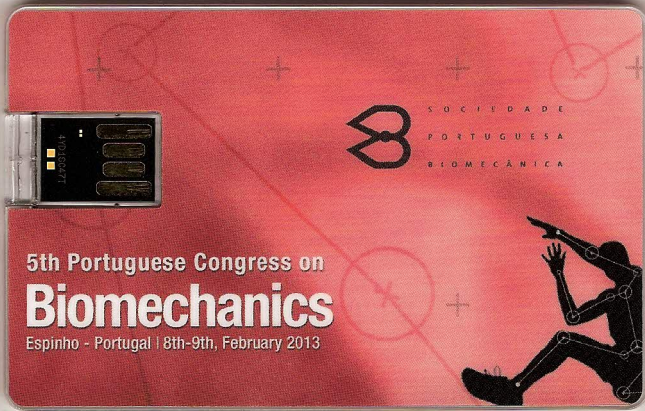
A autora deste estudo agradece ao hospital de Itabira a possibilidade de assistir ao processo cirúrgico e a cedência de imagens para este estudo.

## REFERÊNCIAS

- [1] I. Poozzi, S. Reginaldo, M.V. Almeida, A.F. Cristante, "Manual de Trauma Ortopédico", Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, pp.169, 2011.
- [2] T.P. Ruedi, W.M. Murphy, "Princípios AO do Tratamento de Fraturas", ARTMED, pp.461, 2002.
- [3] J.Y. Rho, L. kuhn- Spearing, P. Zioupos, "Mechanical properties and the hierarchical structure of bone", Medical Engineering and Physics, Vol.20, pp.92-102, 1998.
- [4] D.R. Carter, W.C. Hayes, "The compressive behaviour of bone as a two-phase porous structure" The Journal of Bone and Joint Surgery 59-A, pp.954-962, 1977.
- [5] A. Maciel, "Biomechanics of hip joint capsule", École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2002.
- [6] W.S.S. Jee, "Integrated Bone Tissue Physiology: Anatomy and Physiology". In: S.C. Cowin (Ed), "Bone Mechanics Handbook", Cap1. Boca Raton, FL: CRC Press, 1.1-1.68, 2001.
- [7] B.D. Browner, "Traumatismo do Sistema Musculoesquelético", Vol.1, 2ªEd. São Paulo: Ed. Manole, 2000.
- [8] M.E. Muller, M. Allgower, R. Schneider, et al. "Manual of Internal Fixation", 3rd ed. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 1991.
- [9] B.R. Bolhofner, "Indirect reduction and composite fixation of extraarticular proximal tibial fractures", Clin Orthop, Vol.315, pp.75-83, 1995.
- [10] V. Rankovic, B. Ristic, M. Kojic, "Internal Fixation of Femoral Bone Comminuted Fracture - FE Analysis", Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.1, No1, pp.120-128, 2007.

ISBN 978-989-96276-3-5





5th Portuguese Congress on  
**Biomechanics**  
Espinho - Portugal | 8th-9th, February 2013

**B** SOCIEDADE  
PORTUGUESA  
BIOMECÂNICA