



CNME 2014

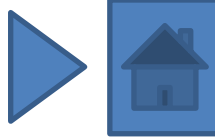


9º congresso nacional de mecânica experimental
Universidade de Aveiro 15-17 outubro 2014

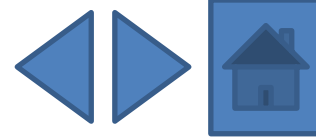
[ARTIGOS](#)

[AUTORES](#)

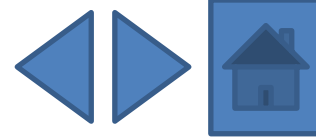
ISBN: 978-989-95695-6-0



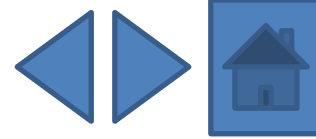
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **104:** *Estabilidade dimensional das madeiras de pinho, freixo, castanho e carvalho na presença de água*
D. Ferreira, E. Fonseca, C. Pinto, P. Borges
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **107:** *Dispositivo para investigação da resposta pupilar: considerações experimentais*
C. Bim, J. Canestri, M. Stófel, H. Oliva, R. Guimarães, M. Pinotti
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **108:** *Formulação de caldas à base de cal para injeção de alvenaria antiga*
E. Luso, P. Lourenço
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **109:** *Estudo da influência do adjuvante no desempenho de caldas fluidas à base de cal*
E. Luso, A. Monteiro
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **110:** *Monitorização e avaliação do comportamento de parafusos pré-esforçados BobTail®*
R. Matos, C. Rebelo
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **112:** *Colapso de pavimento elevado num edifício habitado: Causas e medidas de segurança imediatas*
F. Pinho
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **113:** *Amplificador mecânico de deformação*
D. Caseiro, S. Santos, C. Ferreira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **114:** *Avaliação da temperatura na broca e no osso durante a furação, metodologia experimental e clínica*
C. Sampaio, E. Fonseca, R. Cerqueira



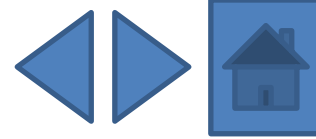
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **115:** *Metodologia para avaliar o efeito da temperatura em tecidos ósseos*
C. Sampaio, E. Fonseca, L. Barreira, J. Meireles
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **117:** *Validação numérica de lajes celulares em madeira com perfurações ao fogo*
J. Meireles, E. Fonseca, P. Piloto, H. Santos, L. Barreira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **118:** *Estudo dos efeitos da delaminação em compósitos de matriz polimérica*
O. Andrade, L. Durão
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **119:** *Estudo e caracterização de espécies portuguesas de madeira termicamente modificada*
J.C. Costa, J. Branco, A. Camões
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **120:** *Estudo preliminar das propriedades físicas dos implantes mamários*
N. Ramião, P. Martins, A. A. Fernandes, M. Barroso, D. Santos
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **122:** *O papel dos efeitos locais e das características da fonte na resposta sísmica de estruturas afetadas por sismos nos Açores*
J. Estêvão, A. Carvalho
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **123:** *Verificação experimental do nível de precisão do método dos elementos de fibras de contacto*
J. Estêvão, A. Carreira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **124:** *Evaluation main stress point of an oronasal interface for noninvasive ventilation*
L.S. Barros, R. Correa, M. Drummond, J. Gabriel, R. Natal



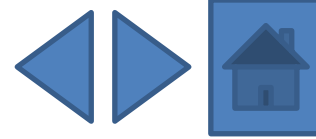
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **125:** *Avaliação experimental do comportamento ao fogo de lajes celulares em madeira com diferentes perfurações*
J. Meireles, P. Piloto, E. Fonseca, H. Santos, L. Barreira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **126:** *Análise experimental do desempenho de um turbocompressor em condições reais de operação*
A. Almeida, N. Pires, H. Santos, N. Martinho, J. Pereira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **128:** *Termografia e cicatrização de feridas cutâneas*
M. Chaves, A. Freire, R. Andrade, M. Pinotti
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **130:** *Estudo experimental e calibração numérica de ligações metálicas entre vigas I e colunas tubulares*
L. Magalhães, C. Rebelo, S. Jordão
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **134:** *Avaliação térmica da furação no osso cortical com e sem irrigação*
M. Fernandes, M. Vaz, R. Natal, E. Fonseca
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **135:** *Modelo 3D para análise térmica durante o processo de furação do osso cortical*
M. Fernandes, E. Fonseca, R. Natal
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **136:** *Estudo do processo de quinagem para aplicação prática em programação CNC de quinadoras*
R. Amaral, A. Santos, J. Bessa Pacheco, S. Miranda
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **138:** *Desenvolvimento de uma plataforma de força para análise quantitativa do equilíbrio postural*
S.F. Santos, J. Canestri, R. Guimarães, M. Pinotti



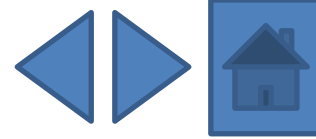
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **139:** *Sistema experimental para caracterização de materiais com o ensaio de expansão*
H. Campos, A. Santos, B. Martins, J. Bessa Pacheco
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **146:** *An experimental framework for the support of multi-physics simulation models of aerial lime for historic masonry structures*
M. Oliveira, A. Meneghini, M. Azenha, P. Lourenço
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **148:** *Determinação das propriedades físicas da parede do colmo do bambu*
M.A. Smits, V. Pizzol, E. Carrasco
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **151:** *Estimativa da densidade e dureza Janka de madeiras tropicais por meio do método de penetração*
R.C. Alves, M.A. Smits, E. Carrasco
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **152:** *Instrumentação das pás directrizes da turbina Wells da central de ondas da Ilha do Pico*
M. Vieira, A. Ribeiro, A. Sarmiento, L. Reis
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **153:** *Ancoragens de pré-esforço por aderência - exploração de uma solução*
H. Fernandes, V. Lúcio, D. Faria
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **154:** *Comportamento mecânico da liga de magnésio AZ31B sob carregamento multiaxial*
H. Videira, V. Anes, R. Cláudio, M. Freitas, L. Reis
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **155:** *Vigas lintel para estruturas de alvenaria e aplicação em caso de estudo*
J.P. Gouveia, G. Vasconcelos, P. Bernardino, P. Costa, P. Lourenço



- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **156:** *Determinação da rigidez de uma areia com recurso a bender elements e acelerómetros: princípio de medição e aplicações*
C. Pereira, A. Correia, C. Ferreira, N. Araújo
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **158:** *Dispositivo experimental para caracterização do comportamento viscoelástico do betão sob a ação da retração restringida*
L. Leitão, R. Faria, L. Teixeira, M. Azenha
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **159:** *Streamlining field inspections for infrastructures life-cycle management*
B. Gonçalves, J. Matos, P. Lourenço, P. Gonçalves
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **161:** *Mechanical characterization of traditional timber connections: experimental results*
E. Poletti, G. Vasconcelos, J. Branco, A. Koukouviki
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **163:** *The bone tissue remodelling analysis using meshless methods: a femoral implant study*
J. Belinha, L. Dinis, R. Natal
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **165:** *Revestimentos PVD em microcavidades para moldação por injeção*
B. Mestre, V. Neto
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **167:** *Comportamento à fadiga de aços estruturais. Comparação de resultados de deformação-viga e taxas de propagação de fendas de fadiga*
D. Carvalho, A. Silva, A. Jesus, A. A. Fernandes



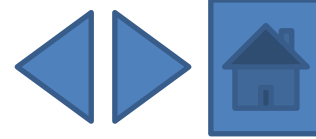
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **168:** *Comportamento experimental de configurações inovadoras de ligações de emenda em perfis tubulares*
R. Simões, S. Jordão, J. Silva
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **170:** *Aplicação de filmes de diamante nanocristalino como camada protetora em células fotovoltaicas*
R.N. Simões, V. Neto
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **171:** *Estudo de tolerância de dano num componente ferroviário de aço vazado ASTM148-90-60*
T. Morgado
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **172:** *Correlação entre ensaios com câmara termográfica e resistógrafo na avaliação da integridade de vigas antigas de madeira*
J.T. Pinto, V. Cunha, A. Arêde, J. Miranda Guedes, S. Cunha, A. Feio, H. Varum
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **173:** *Influência de revestimentos de nanodiamante no fluxo polimérico em microinjeção*
C. Santos, M. Oliveira, T. Zhiltsova, V. Neto
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **174:** *Paredes de alvenaria de pedra de folha única: caracterização geométrica e comportamento estrutural*
C. Almeida, J. P. Guedes, A. Arêde, A. Costa
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **175:** *Avaliação experimental do comportamento de T-stubs sujeitos a ações de impacto*
P. Barata, A. Santiago, C. Rigueiro, J.P. Rodrigues



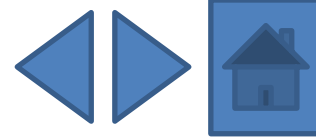
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **176:** *Vibração de uma viga elástica com grandes amplitudes*
F. Queirós de Melo, M. Vaz, P. Rebelo, R. Moreira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **177:** *Perfis IPE ao fogo: método da capacitância global versus modelo computacional*
E. Fonseca, D. Ferreira, L. Barreira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **178:** *Forqueta de bicicleta em fibra de carbono com fibras piezoelétricas*
M. Frade, R. Ruben, C. Capela
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **179:** *Caracterização dinâmica de estruturas à escala real produzidas com agregados grossos reciclados de betão*
J. Pacheco, J. Brito, J. Ferreira, D. Soares
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **180:** *Caraterização de poliuretanos com memória de forma reforçados com nanotubos de carbono para controlo ativo*
M. Fonseca, B. Silva, L. Ferreira, J. Amaral, M.S. Oliveira, R. Moreira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **181:** *Utilização de redes de Bragg em fibras óticas para caracterização da memória de forma de poliuretanos reforçados com nanotubos de carbono*
M. Fonseca, N. Alberto, B. Silva, V. Neto, R. Nogueira, M.S. Oliveira, R. Moreira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **182:** *Análise termomecânica de perfis enformados a frio*
L. Mesquita, M. Mendonça, R. Ramos, L. Barreira, P. Piloto
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **183:** *Eficiência da proteção ao fogo de tintas intumescentes com granulado de cortiça*
L. Mesquita, M. Teixeira, P. Piloto, L. Barreira



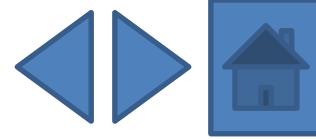
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **184:** *Previsão do comportamento de tecidos cartilagíneos em bioreator em resposta a estímulos mecânicos*
C. Bandeiras, A. Completo, A. Ramos, A. Rufino, M. Ribeiro, J. Pinto Ferreira, A. Mendes
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **186:** *Análise experimental da resistência à compressão a altas temperaturas de um betão com chips de PET*
H. Caetano, J. Rodrigues, P. Pimienta
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **187:** *Estudo da delaminação sob fadiga em modo II de laminados carbono/epóxico*
J.A. Sousa, A. Pereira, A. Morais
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **188:** *Determinação de relações tensão-abertura de fenda de BRFA através de análise inversa*
N.D. Gouveia, A. Custódio, D. Faria, A. Ramos
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **190:** *Comportamento à fadiga oligocíclica extrema de aços para pipelines – uma abordagem experimental*
J.C.R. Pereira, A. Jesus, A. Fernandes, J. Xavier
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **191:** *Avaliação da eficiência fotodinâmica de extratos de uma planta do cerrado brasileiro para utilização em terapia fotodinâmica*
C. Nunes de Melo, R. Cruz, R. Pietra, B. Soares, M. Ferreira, M. Pinotti
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **196:** *Vulnerabilidade de sistemas de revestimento exterior de coberturas*
J. T. Pinto, S. Pereira, A. Briga-Sá, J. Vieira, A. Borges, H. Varum
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **197:** *Desenvolvimento e ensaios experimentais de módulos energéticos para revestimento de edifícios*
R. Oliveira, R. Coelho, A. Torres Marques, J.A.O. Simões, C. Torres



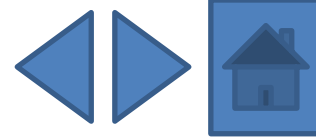
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **198:** *Método da Aproximação Local no estudo de vida à fadiga de um componente ferroviário*
T. Morgado
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **199:** *Validação do modelo numérico da ligação tipo T-stub sujeita a acções de impacto*
J. Ribeiro, C. Rigueiro, A. Santiago
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **200:** *Métodos experimentais usados na determinação das propriedades mecânicas de betões a altas temperaturas*
C. Santos, J. P. Rodrigues, H. Caetano
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **202:** *Bond performance in NSM-strengthened masonry brick*
H. Maljaee, B. Ghiassi, P. Lourenço, D. Oliveira
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **204:** *Caraterização do comportamento ao corte de alvenaria de blocos de terra compactada com junta seca*
R.A. Silva , D. V. Oliveira, T. Miranda, E. Soares, N. Cristelo, P. Lourenço
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **206:** *Monitorização térmica do processo de moldação por injeção plástica com redes de Bragg em fibra ótica*
N. Alberto, R. Nogueira, V. Neto
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **207:** *Análise da integridade de juntas de cimento-cola em mosaicos decorativos de fachadas*
F. Queirós de Melo, L. Silva, C. Lopes
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **209:** *Investigação experimental de catalisadores de três vias para veículos automóveis*
H. Santos, M. Costa



- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **210:** *The influence of moisture content and gaps on the withdrawal resistance of self tapping screws in CLT*
C. Silva, A. Ringhofer, J. Branco, P. Lourenço, G. Schickhofer
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **212:** *Comparação entre duas técnicas ópticas emergentes na IND de estruturas compósitas - interferometria laser e termografia*
J. Monteiro, H. Lopes, M. Vaz
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **213:** *Biomechanical analysis of metaphyseal sleeves used for tibial bone*
A. Chan, A. Completo, J. Gamelas, J. Folgado, P. Fernandes
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **214:** *Controlo de vibrações em comportas de borracha insufláveis com largura de ancoramento variável*
J. Amorim, J. Dias Rodrigues
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **216:** *Análise vibroacústica de placas com tratamentos parciais de amortecimento usando uma teoria layerwise e o método de Rayleigh-Ritz*
J. Amorim, J. Dias Rodrigues
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **218:** *Experimental evaluation of the stiffness of the sheep cervical vertebrae*
A. C. Pires, F. Vaz, J. Folgado, P. Fernandes
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **219:** *Análise do comportamento cíclico de pilares de pontes reforçados com bandas de CFRP*
P. Delgado, F. Sousa, P. Rocha, A. Arêde, N. Vila Pouca, A. Costa, R. Delgado
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **221:** *Estudo das vibrações induzidas no sistema mão - braço de atletas de Basquetebol*
P. Santos, A. Amaro, L. Roseiro, M. Neto, C. Alcobia



- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **222:** *Vibrações induzidas no sistema braço-mão na manipulação de uma roçadora de mato*
L. Roseiro, V. Maranhã, C. Alcobia, A. Amaro, M. Neto
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **223:** *Lock-in thermography online*
A. Silva, M. Vaz P. Moreira e J. Gabriel
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **225:** *Caracterização do comportamento cíclico de vigas de betão armado fendilhadas, com sensores de Bragg*
C. Sousa, C. Rodrigues, J. Malveiro, R. Calçada, A. Neves
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **226:** *Development of a simplified model for joints in steel structures*
F. Gentili, R. Costa, L. S. Silva
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **230:** *Pilares mistos com placas de base abertas solicitados à flexo-compressão*
R. Neuenschwander, E. Carrasco, F. Rodrigues, R. Fakury
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **238:** *Fadiga em pavimentos rodoviários flexíveis: uma abordagem experimental*
A. Costa, A. Benta
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **239:** *Avaliação experimental e numérica da resistência de vigas com secções em Ω enformadas a frio furadas*
N. Lopes, P. Vila Real, A. Reis, F. Arrais
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **241:** *Caracterização do comportamento mecânico de uma vertebra lombar; com e sem cimentação*
C. Carneiro, M. Vaz, N. Neves, C. Ribeiro



- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **242:** *Análise experimental de tensões geradas por aperto de parafusos através de fotoelasticidade*
A.P. Salazar, F. Brites
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **243:** *Verificação da resistência de um perfil laminado com concentrador de tensões*
F. Brites, I. Barbosa
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **244:** *Análise por molhabilidade e AFM da superfície de Ti6Al4V submetido à texturização mecânica*
F. Brites, I. Barbosa, L. Santos
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **245:** *Desenvolvimento de um método de ensaio para avaliação experimental in-situ do comportamento fora do plano de paredes de alvenaria*
A. Costa, A. Arêde, A.A. Costa, T. Ferreira, A. Gomes, H. Varum
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **246:** *Comportamento de lajes de betão armado reforçadas à flexão usando a técnica NSM com laminados de CFRP pré-tensionados*
S.J. Dias, M. Hosseini, J. Barros
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **247:** *Caracterização experimental do comportamento de aderência de varões compósitos têxteis*
A. Martins, G. Vasconcelos, R. Frangueiro, F. Cunha
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **248:** *Caracterização experimental de pilares de betão armado reforçados e reparados sujeitos à flexão biaxial*
H. Rodrigues, A. Arêde, A. Furtado, P. Rocha
- [RESUMO](#) [ARTIGO](#) **249:** *Caracterização experimental do comportamento para fora do plano das paredes de alvenaria de enchimento*
A. Furtado, H. Rodrigues, A. Arêde



A B C D E **F** G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Fakury, R.H.	230	Ferreira, J.P.	184
Faria, D.M.	153 188	Ferreira, M.	191
Faria, R.	158	Ferreira, T.	245
Feio, A.	172	Folgado, J.	213 218
Fernandes, A.	120 167 190	Fonseca, E.	104 114 115 117 125 134 135 177
Fernandes, M.	134 135	Fonseca, M.	180 181
Fernandes, H.	153	Frade, M.	178
Fernandes, P.	213 218	Frangueiro, R.	247
Ferreira, D.	104 177	Freire, A.	128
Ferreira, C.D.	113	Freitas, M.	154
Ferreira, C.	156	Furtado, A.	248 249
Ferreira, J.G.	179		
Ferreira, L.	180		

PERFIS IPE AO FOGO: MÉTODO DA CAPACITÂNCIA GLOBAL VERSUS MODELO COMPUTACIONAL

IPE PROFILES SUBMITTED TO FIRE: LUMPED CAPACITANCE METHOD VERSUS COMPUTATIONAL MODEL

Fonseca, E.M.M.¹; Ferreira, D.R.S.M.¹; Barreira, L.M.S.¹

¹ Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, Instituto Politécnico de Bragança



RESUMO

Neste trabalho é descrito o processo de condução transiente em sólidos, ou método da capacitância global, considerando o estudo de perfis IPE submetidos ao fogo. Alguns corpos sólidos apresentam um comportamento térmico quase uniforme durante todo o processo de transferência de calor. A temperatura nestes corpos pode ser considerada apenas função do tempo, pelo que o método da capacitância global (lumped capacitance method) permite uma ótima simplificação, sendo geralmente aceite e aplicável para $Bi \leq 1$. Por conseguinte, a análise do comportamento de corpos com alta condutividade térmica recorrendo a este método é adequada. Foram ainda considerados os mesmos modelos de perfis, através de uma análise térmica bidimensional em regime não estacionário, considerando um programa de elementos finitos. O método da capacitância global permite validar os resultados obtidos na simulação numérica. Os resultados são apresentados para discussão e análise.

ABSTRACT

This paper describes the heat transient process in solids, or lumped capacitance method, considering the study of IPE profiles submitted to fire. Some solids have a thermal behaviour almost uniform during the heat transfer process. The temperature in these bodies may be considered a function of time, and the lumped capacitance method allows a great simplification and is generally accepted and available to $Bi \leq 1$. Therefore the behaviour analysis of bodies with high thermal conductivity using this method is adequate. The same profiles were used through a two dimensional analysis in unsteady state using a finite element program. The lumped capacitance method permits to validate the obtained results in numerical simulation. The results are presented for discussion and analysis.

1- INTRODUÇÃO

A condução transiente é um processo de transferência de calor por condução em regime não-estacionário, dependente do tempo. Como objetivo principal é

importante determinar a dependência da distribuição de temperaturas no interior de um sólido, em relação ao tempo durante um processo transiente; e determinar a transferência de calor entre o sólido e o meio envolvente.

Alguns corpos têm um comportamento térmico quase uniforme durante todo o processo de transferência de calor, em qualquer instante durante o processo transiente, de tal modo que a temperatura é exclusivamente função do tempo. Análises de transferência de calor que utilizem esta idealização podem ser efetuadas através do método da capacitância global (Baglio et al 2002; Incropera e De Witt 2007; Fonseca 2013).

No presente estudo foram utilizados diferentes perfis (IPE 100, IPE 200, IPE 300, IPE 400, IPE 500, IPE 600), submetidos ao fogo nas quatro faces, para a verificação do campo de temperaturas em regime transiente, recorrendo à aplicação do método da capacitância global e ao método de elementos finitos.

2- CURVA DO FOGO EM MATERIAIS

A gama de perfis IPE vai estar submetida a condições de incêndio durante 1800s. As condições impostas serão radiação e convecção com a evolução da temperatura ambiente em função da ação do fogo (Fonseca et al 2013). A curva de incêndio considerada na análise é a curva padrão ISO834, EN 1991-1-2, 2002, representada conforme a expressão:

$$\theta = 20 + 345 \log_{10}(8t+1) \quad (1)$$

onde θ representa a temperatura do compartimento em °C e t o tempo em min.

O material dos perfis é aço e as suas propriedades térmicas são caracterizadas através da norma EN 1993-1-2:1995. A condutividade térmica e o calor específico dependem da evolução da temperatura, sendo a massa volúmica constante. O valor destas propriedades são consideradas na análise dos modelos.

3- CONDUÇÃO TRANSIENTE

3.1 - Método da capacitância global

Para aplicação do método da capacitância global, os gradientes de temperatura dentro de um sólido são

consideradas insignificantes (Baglio et al 2002; Incropera e De Witt 2007; Fonseca 2013). O cálculo do número de Biot (B_i) permite identificar se essa condição é verificada. O número de Biot é um coeficiente adimensional de transferência de calor e é definido como a razão entre a resistência térmica de convecção e a resistência térmica de condução conforme a equação:

$$B_i = \frac{L_c h_c}{\lambda} \quad (2)$$

onde L_c é o comprimento característico do sólido, definido pelo quociente entre o volume e a área da superfície do sólido; λ é a condutividade térmica do sólido e h_c é o coeficiente de transferência de calor por convecção do ar.

É geralmente aceite que a análise do método da capacitância seja aplicável se $B_i \leq 1$ (Holman 2010). Quando este critério é satisfeito, as temperaturas no interior do corpo, em relação à envolvente, permanecem com diferenças pouco significativas. Por conseguinte, os corpos com alta condutividade térmica são bons candidatos à utilização deste método, especialmente quando estão num meio mau condutor de calor. O cálculo do Biot foi efetuado à gama de perfis IPE em estudo e encontra-se representado na Fig. 1.

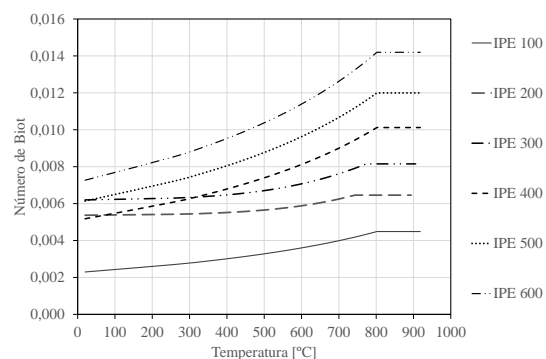


Fig. 1- Número de Biot para os perfis IPE.

Para o caso da temperatura no corpo sólido ser considerada uniforme, isto é $\theta_{(x,t)} \cong \theta_{(t)}$, a solução da Eq. (3) permite obter a temperatura em função do tempo:

$$\theta_{(t)} = (\theta_i - \theta_\infty) e^{(-B_i \cdot Fo)} + \theta_\infty \quad (3)$$

onde $\theta_{(t)} - \theta_{\infty}$ é a diferença de temperatura entre o sólido e a temperatura do meio ambiente, para um determinado instante de tempo t ; $\theta_i - \theta_{\infty}$ é a diferença de temperatura para $t=0$ e Fo é o número de Fourier.

O número de Fourier é uma medida do calor conduzido através de um corpo em relação ao calor armazenado. Assim, um valor do número de Fourier elevado indica uma propagação mais rápida de calor através de um corpo. O número de Fourier é calculado através da seguinte expressão:

$$Fo = \frac{\lambda t}{\rho C L_c^2} \quad (4)$$

Esta equação é função do coeficiente de condutividade térmica λ , da massa volúmica ρ , do calor específico C e do comprimento característico L_c .

Com base neste método analítico e a aplicação da Eq. (3) à gama de perfis IPE submetidos à ação do fogo, obtém-se o campo de temperaturas em regime transiente, conforme a Fig. 2.

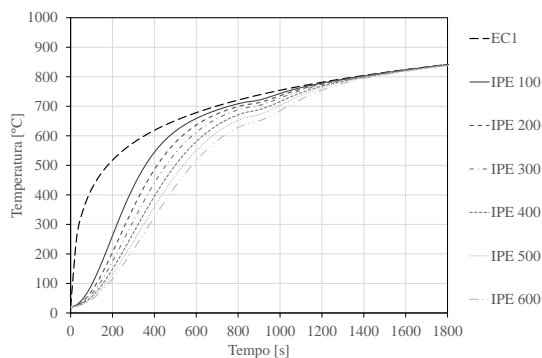


Fig. 2- Evolução da temperatura para os perfis IPE.

3.2 - Modelo computacional

Para a análise térmica dos elementos estruturais em estudo foi utilizado o método dos elementos finitos, através do programa Ansys. O elemento escolhido é plano e com 8 nós (Plane 77), com um grau de liberdade relativo à temperatura. A Fig. 3 apresenta a malha de elementos finitos do IPE 100.

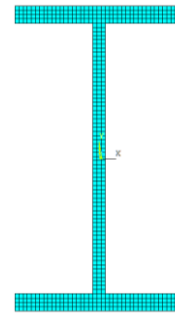


Fig. 3- Malha de elementos finitos no IPE 100.

A Fig. 4 representa um dos perfis com a identificação de três posições nodais (Nó 1, 2 e 3) para o registo das temperaturas.

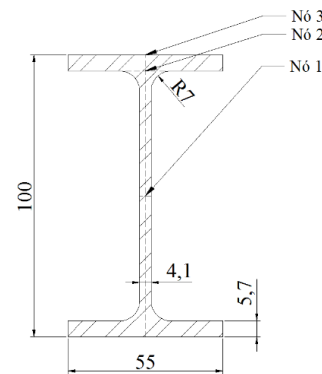


Fig. 4- Localização das posições nodais, IPE 100.

Os modelos foram submetidos a uma análise térmica em regime transiente durante 1800s. Todas as faces do perfil são submetidas à ação do fogo, de acordo com a curva normalizada ISO 834, tendo sido consideradas condições de fronteira de convecção e de radiação. Foi utilizado um coeficiente de convecção igual a $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ nas superfícies expostas ao fogo e um fator de emissividade igual a 1. No instante inicial o modelo foi considerado à temperatura ambiente de 20°C .

Os resultados obtidos para o perfil IPE 100 e IPE 600 estão representados na Fig. 5.

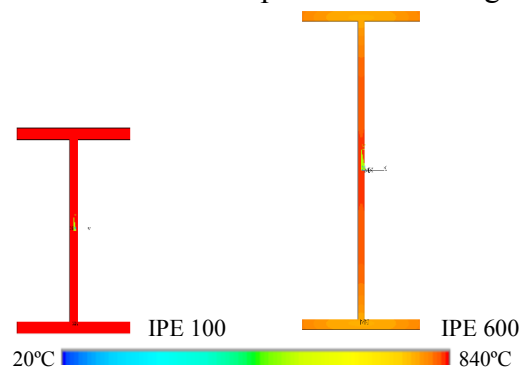


Fig. 5- Temperaturas para o instante 1800s.

Perfis IPE ao Fogo: Método da Capacitância Global versus Modelo Computacional

Os perfis apresentam uma temperatura quase uniforme para cada instante de tempo. No entanto, e para as gamas de perfis mais elevadas a temperatura ao longo da secção apresenta um comportamento variável.

Foi ainda efetuada uma comparação dos resultados numéricos para as três posições distintas indicadas na Fig.4.

A comparação para cada posição nodal entre toda a gama de perfis encontra-se nas Fig. 6 a 8.

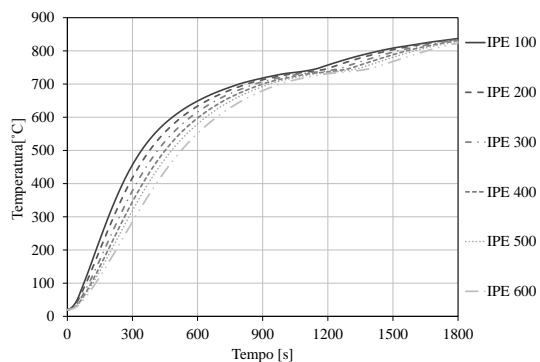


Fig. 6- Evolução da temperatura (Nó 1).

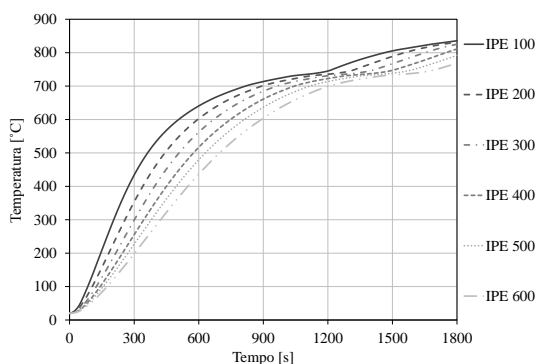


Fig. 7- Evolução da temperatura (Nó 2).

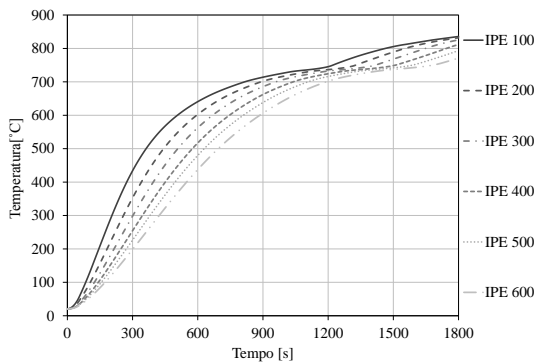


Fig. 8- Evolução da temperatura (Nó 3).

O nó 1 apresenta uma distribuição de temperatura mais próxima entre todos os modelos.

Os nós 2 e 3 têm comportamento semelhante, sendo as temperaturas mais variáveis nos diferentes perfis.

4- COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

4.1 - Capacitância global versus modelo computacional

Nas Fig. 9 a 14 encontram-se os resultados dos dois métodos. Os valores numéricos são obtidos no nó 1 de cada perfil.

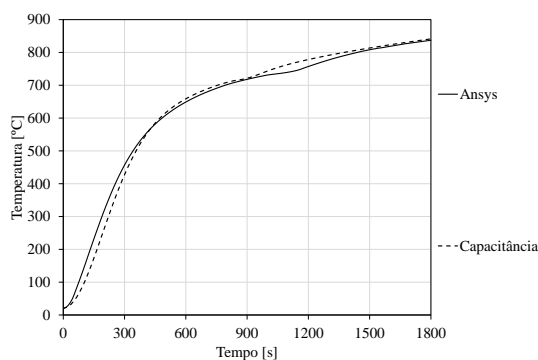


Fig. 9- IPE 100.

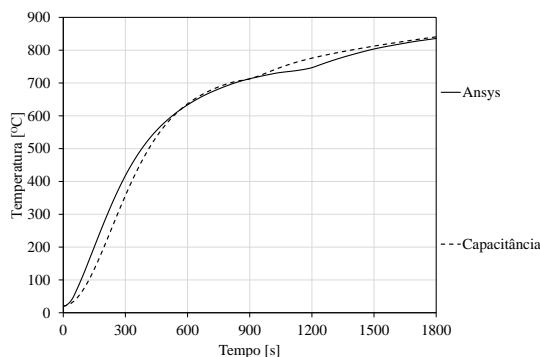


Fig. 10- IPE 200.

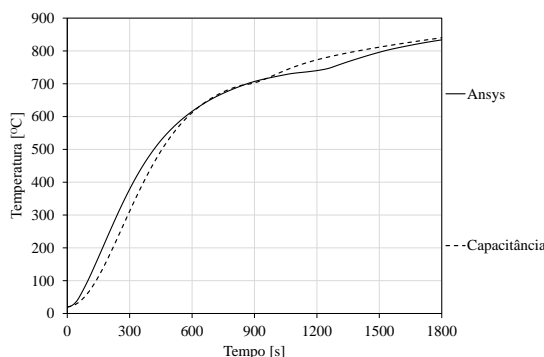


Fig. 11- IPE 300.

Em toda a gama de perfis há um comportamento idêntico nos resultados. Para a gama de perfis mais elevada, a

temperatura obtida com o modelo computacional diverge em relação à do método analítico.

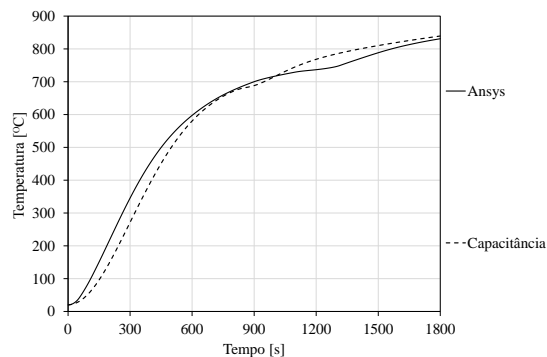


Fig. 12- IPE 400.

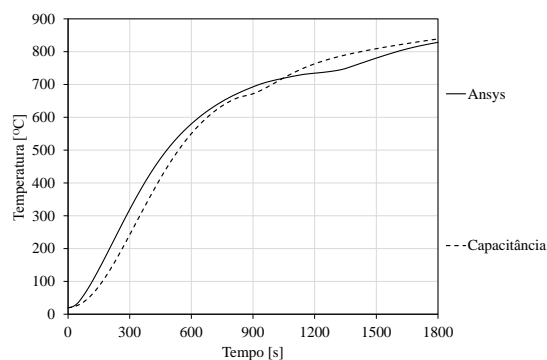


Fig. 13- IPE 500.

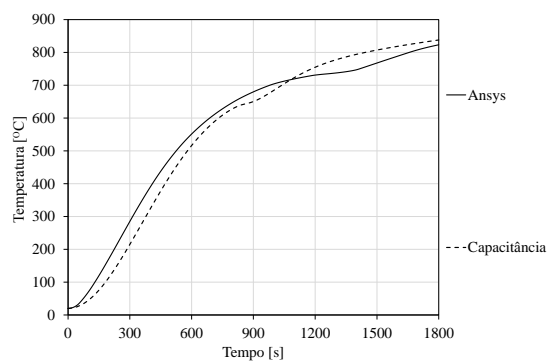


Fig. 14- IPE 600.

5- CONCLUSÕES

Foram apresentados dois métodos para a comparação de resultados do campo de temperaturas em perfis IPE quando submetidos ao fogo.

Os resultados obtidos com o método da capacitância global foram comparados com os resultados numéricos, tendo sido verificada uma boa concordância.

A utilização de seis gamas de perfis diferentes evidenciou que quanto maior o

tamanho do perfil, menor a temperatura desenvolvida no início da exposição ao fogo, bem como a existência de um gradiente de temperaturas mais significativo ao longo da secção.

6- REFERÊNCIAS

- Barbosa, L.F.M., Almeida, P.M.L., Fonseca, E.M.M., Barreira, L.M.S., Coelho, D.C.S. 2012. Hybrid wood/steel elements under fire, International Congress Fire Computer Modeling, Universidad de Cantabria, Santander, p.407-420.
- Baglio, S., Castorina, S., Fortuna, L., Savalli, N. 2002. Modeling and design of novel photo-thermo-mechanical microactuators, Sensors and Actuators, A101, p.185-193.
- EN 1991-1-2:2002. Actions on Structures, Part 1-2: General actions - Actions on Structures Exposed to Fire. Brussels: CEN.
- EN 1993-1-2:1995. Eurocode 3: Design of Structures - Part 1-2: General Rules - Structural Fire Design, CEN.
- Fonseca, E.M.M. 2013. Thermal Analysis of Hollow Tubular Sections under High Temperatures, Frontiers of Engineering Mechanics Research, 2 (1), p.9-14.
- Fonseca, E.M.M, Ramos, H.M.E., Silva, H.J.G., Ferreira, D.R.S.M. 2013. Thermal Analysis of Wood-Steel Hybrid Construction; 4th International Conference on Integrity, Reliability & Failure IRF2013, S. Gomes et al (Eds.), Funchal, Edições INEGI.
- Incropera, F.P., De Witt, D.P. 2007. Fundamentals of heat and mass transfer, 6th edition, Wiley, New York.
- ISO 834-1. 1999. Fire-resistance tests - Elements of building construction - Part 1: general requirements.
- Holman, J.P. 2010. Heat Transfer, 10th edition, McGraw-Hill Companies.