

Métodos Numéricos en Ingeniería 2009

Editores:

Antonio Huerta

Eugenio Oñate

Antonio Rodríguez Ferran

Isabel N. Figueiredo

Luís F. Menezes

António J.B. Tadeu



Métodos Numéricos en Ingeniería 2009

Editores:

Antonio Huerta
Eugenio Oñate
Antonio Rodríguez Ferran

Isabel N. Figueiredo
Luís F. Menezes
António J.B. Tadeu

Publicado por



Sociedad Española de Métodos
Numéricos en Ingeniería



Associação Portuguesa de Mecânica
Teórica, Aplicada e Computacional

© Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería (SEMNI)
Edificio CI, Campus Norte UPC Gran Capitán, s/n 08034 Barcelona, Spain
www.semni.org

Métodos Numéricos en Ingeniería 2009
A. Huerta, E. Oñate, A. Rodríguez Ferran,
I. N. Figueiredo, L. F. Menezes y A. J. B. Tadeu (Eds.)

Primera edición: Junio 2009

© Los autores

Impreso por: Artes Gráficas Torres, S.L. c/ Morales 17, 08029 Barcelona, Spain

Déposito Legal: B-28307-09

ISBN: 978-84-96736-66-5

PREFACIO

Este libro contiene los resúmenes de los trabajos presentados en el Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería 2009, celebrado en la Universitat Politècnica de Catalunya del 29 de junio al 2 de julio de 2009. El lápiz de memoria anejo contiene los correspondientes artículos completos. Este congreso ha sido organizado conjuntamente por SEMNI (Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería) y APMTAC (Associação Portuguesa de Mecânica Teórica, Aplicada e Computacional).

Ambas sociedades decidieron, en 2002, fusionar los dos congresos que originalmente promovían por separado. Las anteriores ediciones conjuntas de este congreso se celebraron en Madrid (2002), Lisboa (2004), Granada (2005) y Porto (2007). Los organizadores pensamos que este excelente clima de colaboración y entendimiento científico entre España y Portugal es beneficioso para todos. Cabe destacar, además, la participación en el congreso de varios investigadores latinoamericanos y prestigiosos conferenciantes plenarios de universidades norteamericanas y europeas.

El contenido de este volumen es muy amplio y refleja la importante actividad que se desarrolla en España y Portugal en el ámbito de los métodos numéricos. Las comunicaciones abordan tanto los aspectos más teóricos de los métodos numéricos como sus aplicaciones a diversos campos, tanto en mecánica de sólidos y estructuras (fractura, geomateriales, estructuras metálicas,...) como en mecánica de fluidos y problemas de ondas (fluidos no newtonianos, olas y corrientes, vibraciones y acústica,...). Cabe destacar, además, el importante número de trabajos presentados en áreas más recientes, tales como la ingeniería de tejidos humanos y los hormigones con fibras.

Todos los trabajos publicados se han reproducido directamente a partir de los archivos y manuscritos remitidos por los autores. El control e impresión de este libro se ha realizado a través del Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE).

Para terminar, los organizadores queremos agradecer a los autores de las comunicaciones y a los coordinadores de las sesiones temáticas el esfuerzo realizado, así como su contribución al éxito del congreso.

Barcelona, junio de 2009

El Comité Organizador

SEMNI
Antonio Huerta
Eugenio Oñate
Antonio Rodríguez Ferran

APMTAC
Isabel N. Figueiredo
Luís F. Menezes
António J.B. Tadeu

PREFÁCIO

Este livro contém os resumos dos trabalhos apresentados no Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia 2009, realizado na Universitat Politècnica de Catalunya de 29 de junho à 2 de julho de 2009. O pen-drive anexo contém os correspondentes artigos completos. Este congresso foi organizado conjuntamente pela SEMNI (Sociedade Espanhola de Métodos Numéricos em Engenharia) e pela APMTAC (Associação Portuguesa de Mecânica Teórica, Aplicada e Computacional).

Ambas sociedades decidiram, em 2002, fundir os dois congressos que originalmente promovidos separadamente. As anteriores edições conjuntas deste congresso celebraram-se em Madrid (2002), Lisboa (2004), Granada (2005) e em Porto (2007). Os organizadores pensam que este excelente clima de colaboração e entendimento científico entre Espanha e Portugal é benéfico para todos. Cabe aqui destacar também a participação no congresso de vários investigadores latino-americanos e de prestigiados conferencistas convidados de universidades norte-americanas e europeias.

O conteúdo deste volume é muito amplo e reflecte a importante actividade que se desenvolve em Espanha e Portugal no âmbito dos métodos numéricos. As comunicações abordam tanto os aspectos mais teóricos dos métodos numéricos como as suas aplicações a diversos campos, tanto em mecânica dos sólidos e estruturas (fraturas, geomateriais, estruturas metálicas, ...) como em mecânica dos fluídos e problemas de ondas (fluídos não-newtonianos, ondas e correntes, vibrações e acústica, ...). Realça-se também o importante número de trabalhos apresentados em áreas emergentes, como a engenharia de tecidos humanos e de betão com fibras.

Todos os trabalhos publicados foram reproduzidos directamente a partir dos ficheiros e manuscritos recebidos dos autores. A composição e a impressão deste livro foram realizadas pelo Centro Internacional de Métodos Numéricos em Ingeniería (CIMNE).

Para terminar, os organizadores desejam agradecer aos autores das comunicações e aos coordenadores das sessões temáticas o esforço realizado, bem como a sua contribuição para o êxito do congresso.

Barcelona, junho de 2009

A Comissão Organizadora

SEMNI

Antonio Huerta
Eugenio Oñate
Antonio Rodríguez Ferran

APMTAC

Isabel N. Figueiredo
Luís F. Menezes
António J.B. Tadeu

AGRADECIMIENTOS

Los organizadores del congreso agradecen el apoyo prestado por los siguientes organismos:

Os organizadores do congresso agradecem o apoio prestado pelos seguintes organismos:

Ministerio de Ciencia e Innovación
Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería
Universitat Politècnica de Catalunya
E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona
Laboratorio de Cálculo Numérico (LaCàN), UPC

Comparing Simplified Calculation Methods and a new Methodology for Analyzing Steel and Composite Steel-Concrete Sections in Fire <i>F. da Silva Bernardes, M.H. Barros and J.P. Rodrigues</i>	141
Diseño Óptimo de Uniones Semirrígidas mediante Simulación Numérica y Modelos Kriging <i>P. Martí Montrull and C. Díaz Gómez</i>	142
Encurvadura Lateral por Flexão-Torção de Vigas de Secção Variável Restringidas Elasticamente <i>A. Andrade, P. Providência and D. Camotim</i>	143
Estabilidade de Pórticos Metálicos Tri-Dimensionais: Utilização de Modelos Numéricos Baseados na Teoria Generalizada de Vigas (GBT) <i>C. Basaglia, D. Camotim and N. Silvestre</i>	144
Influencia de las Imperfecciones Estructurales en la Modelización de Vigas Armadas de Acero sometidas a Cargas Concentradas <i>M. Serrat, R. Chacón and E. Real</i>	145
Interação Distorcional/Global em Colunas de Aço Enformadas a Frio com Secção em C: Análise por Elementos Finitos <i>P.B. Dinis and D. Camotim</i>	146
Modelação Numérica de Elementos Estruturais em Aço Inoxidável com Secções Esbeltas em Situação de Incêndio <i>N. Lopes, P. Vila Real, P. Piloto, L. Mesquita and L. Simões da Silva</i>	147
Modelización Numérica de Ensayos en Pilares Tubulares Circulares Rellenos de Hormigón <i>R. Chacón, E. Mirambell and E. Real</i>	148
Modelo de Contacto para Secções Mistas parcialmente Embebidas <i>P.A. Piloto, A.B. Gavilán and L.M. Mesquita</i>	149
Modelo Numérico Tridimensional para la Resistencia al Fuego de Pilares Tubulares de Acero Esbeltos Rellenos de Hormigón <i>A. Espinós, A. Hospitaler and M.L. Romero</i>	150
Modelo Numérico Unidimensional de Perfiles Tubulares de Acero Rellenos de Hormigón <i>J.M. Portolés, M.L. Romero, F.C. Filippou, J.L. Bonet and D. Hernandez-Figueirido</i>	151
Sobre la Resolución Estructural de Vigas Alveolares <i>R.A. Galindo Aires and J. Sánchez Martín</i>	152
Thermal and Mechanical Analysis of Steel and Composite Steel and Concrete Sections in Case of Fire <i>F. da Silva Bernardes, J.P. Rodrigues and M.H. Barros</i>	153
Um Modelo de Transferência de Calor e de Massa de Tintas Intumescentes na Protecção ao Fogo do Aço <i>L. Mesquita, P. Piloto and M. Vaz</i>	154
Un Modelo Diferencial de Histéresis para Paredes de Cortante en Estructuras de Acero Conformado en Frío <i>N. Pastor, A. Rodríguez-Ferran and A. Arnedo</i>	156

UM MODELO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E DE MASSA DE TINTAS INTUMESCENTES NA PROTECÇÃO AO FOGO DO AÇO

Luís M.R. Mesquita¹, Paulo A.G. Piloto¹, Mário A.P. Vaz²

¹ Instituto Politécnico de Bragança
Campus Santa Apolónia, Ap. 1134,
5300-857 Bragança, Portugal
lmesquita@ipb.pt, ppiloto@ipb.pt

² Universidade do Porto,
Rua Dr Roberto Frias, S/N
4200-465 Porto, Portugal
gmavaz@fe.up.pt

RESUMO

As tintas intumescentes são utilizadas, na sua grande parte, na indústria da construção civil para providenciar os requisitos de resistência ao fogo prescritos nos regulamentos de dimensionamento estrutural. São aplicadas fundamentalmente em elementos estruturais com resistência ao fogo reduzida, como é o caso das estruturas de aço e alumínio.

Quando a protecção intumescente entra em contacto com os gases quentes provenientes de um incêndio, começa a formar bolhas, originando uma expansão volumétrica com perda de massa. Esta camada carbonosa, de baixa densidade e porosa, proporciona uma redução da transferência de calor à camada virgem de tinta subjacente e, portanto, para o substrato.

O modelo é baseado no pressuposto de que a reacção de decomposição térmica da tinta é única, ocorre a uma determinada temperatura numa camada muito fina, que separa a camada carbonosa do material virgem, originando material sólido carbonoso e gás. É assumido que os gases da reacção se comportam idealmente e não originam reacções secundárias. Adicionalmente, é considerado que a fracção sólida da camada carbonosa e os gases aí contidos se encontram em equilíbrio térmico, [1].

O modelo numérico é composto pela equação de conservação da energia do substrato, da camada virgem e da camada carbonosa, conservação da massa das fracções gasosa e sólida. Este modelo permite determinar a posição da fronteira móvel e da fronteira livre e, consequentemente, a variação da espessura do intumescente ao longo do tempo.

A eficiência do modelo será analisada por comparação com resultados experimentais realizados num calorímetro de cone, [2], em placas de aço protegidas com tintas intumescentes de dois fabricantes distintos, com diferentes valores de espessura seca e de fluxos de calor por

radiação. A Figura 1 apresenta os resultados experimentais da variação da temperatura nas placas de aço protegidas com uma espessura seca de tinta igual a 1.5 [mm], expostas a fluxos de calor por radiação de 35 e 75 [kWm⁻²], assim como a variação da temperatura nas placas de silicato de cálcio, [3].

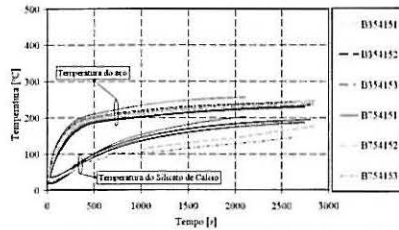


Fig. 1 Evolução das temperaturas nas placas de aço e no silicato de cálcio, protegidas com 1.5 [mm] de tinta B e submetidas a um fluxo de calor de 35 e 75 [kWm⁻²].

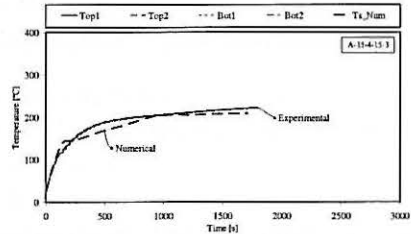


Fig. 2 Comparação entre os resultados experimentais e numéricos, $E_0 = 125 \text{ kJmol}^{-1}$.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do modelo, a aproximação numérica das equações diferenciais e a comparação entre os resultados numéricos e experimentais relativamente à evolução da temperatura do aço, a perda de massa e a variação de espessura da intumescência, ver Figura 2.

REFERÊNCIAS

- [1] Bourbigot S., Duquesne S., Leroy J.M., "Modeling of Heat Transfer of a Polypropylene-Based Intumescent System during Combustion", Journal of Fire Sciences, 17, 42, 1999.
- [2] ISO 5660-1:2002, Reaction-to-fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate. Part I: Heat release rate (cone calorimeter method), International Organization for Standardization, 2002.
- [3] Mesquita, L.M.R.; Piloto, P.A.G.; Vaz, M.A.P.; Pinto, T.; "Decomposition of intumescent coatings: comparison between numerical method and experimental results", Application of Structural Fire Design, ISBN: 978-80-01-04266-3, pp. 140-145, Prague, Czech Republic, 19-20 February 2009.

Métodos Numéricos en Ingeniería 2009

PROGRAMA

Barcelona, 29 de Junio - 2 de Julio 2009



CONGRESO DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA 2009

Este congreso ha sido organizado conjuntamente por SEMNI (Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería) y APMTAC (Associação Portuguesa de Mecânica Teórica, Aplicada e Computacional). Ambas sociedades decidieron, en 2002, fusionar los dos congresos que originalmente promovían por separado. Las anteriores ediciones conjuntas de este congreso se celebraron en Madrid (2002), Lisboa (2004), Granada (2005) y Porto (2007).

Lugar y fecha de celebración

Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, del 29 de junio al 2 de julio de 2009.

Comité organizador

SEMNI

Antonio Huerta (UPC)
Eugenio Oñate (UPC)
Antonio Rodríguez Ferran (UPC)

APMTAC

Isabel N. Figueiredo (UC)
Luís F. Menezes (UC)
António J. B. Tadeu (UC)

Comité científico

Eduardo Arantes e Oliveira (IST)
Joaquim I. Barbosa (UE & ENIDH)
Dinar Camotim (IST)
Manuel Casteleiro (UDC)
Miguel Cervera (UPC)
José César de Sá (FEUP)
Ignasi Colominas (UDC)
Elías Cueto (UNIZAR)
Juana Fortes (LNEC)
Rafael Gallego (UGR)
José María Goicolea (UPM)
Paulo Lourenço (UM)
Carlos Mota Soares (IST)

Fermín Navarrina (UDC)
Paulo Oliveira (UBI)
Xavier Oliver (UPC)
José Carlos Pereira (IST)
Paulo Piloto (IPB)
Carlos Pina (LNEC)
José Luis Pérez Aparicio (UPV)
João Rocha Almeida (UNL)
Helder Rodrigues (IST)
Adélia Sequeira (IST)
Benjamín Suárez (UPC)
Filipe Teixeira Dias (UA)
Paulo Vila Real (UA)

ENIDH: Escola Náutica Infante D. Henrique; **FEUP:** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; **IPB:** Instituto Politécnico de Bragança; **IST:** Instituto Superior Técnico; **LNEC:** Laboratório Nacional de Engenharia Civil; **UA:** Universidade de Aveiro; **UBI:** Universidade da Beira Interior; **UC:** Universidade de Coimbra; **UDC:** Universidad de La Coruña; **UE:** Universidade de Évora; **UGR:** Universidad de Granada; **UM:** Universidade do Minho; **UNIZAR:** Universidad de Zaragoza; **UNL:** Universidade Nova de Lisboa; **UPC:** Universidad Politécnica de Cataluña; **UPM:** Universidad Politécnica de Madrid; **UPV:** Universidad Politécnica de Valencia; **US:** Universidad de Sevilla

Conferenciantes plenarios

Gustavo Ayala, *Universidad Nacional Autónoma de México*
Francisco Chinesta, *Ecole Centrale de Nantes*
Bernardo Cockburn, *University of Minnesota*
Raimundo Delgado, *Universidade do Porto*
Carlos Fiolhais, *Universidade de Coimbra*
Jaume Peraire, *Massachusetts Institute of Technology*

Secretaría del congreso

Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería (SEMNI)
Edificio C-1, Campus Norte UPC
C/ Gran Capitán, s/n
08034 Barcelona
Tel: +34 93 405 46 96 / 97
E-mail: MetNum09@cimne.upc.edu
Fax: +34 93 205 83 47
Web: <http://congress.cimne.com/MetNum09>

AGRADECIMIENTOS

Los organizadores del congreso agradecen el apoyo prestado por los siguientes organismos:

Ministerio de Ciencia e Innovación
Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería
Universitat Politècnica de Catalunya
E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona
Laboratorio de Cálculo Numérico (LaCàN), UPC