



**5º CONGRESSO IBERO-LATINO-AMERICANO  
EM SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS**

***5th IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS  
ON FIRE SAFETY***

**15-17 /07/ 2019 - Porto, Portugal**

**Atas dos Resumos  
Extended Abstracts Proceedings**

*5<sup>th</sup> IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5*  
*Porto, Portugal, 15 - 17 July 2019*



**5º CONGRESSO IBERO-LATINO-AMERICANO  
EM SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS**

***5th IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS  
ON FIRE SAFETY***

**15-17 /07/ 2019 - Porto, Portugal**

**Atas dos Resumos  
Extended Abstracts Proceedings**



*5<sup>th</sup> IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5*  
*Porto, Portugal, 15 - 17 July 2019*

**TITLE:**

Atas dos resumos alargados do 5º CONGRESSO IBERO-LATINO-AMERICANO EM SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS – CILASCI 5

5th IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5

Proceedings [extended abstracts]

**PUBLISHER:**

ALBRASCI - Associação Luso-Brasileira para a Segurança Contra Incêndio

ALBRASCI - Luso Brazilian Association for Fire Safety

**EDITORS:**

Paulo Piloto (IPB - DMA), Débora Ferreira (IPB - DMA), Elza Fonseca (ISEP - DEM), João Santos Baptista (FEUP-DEM), José Miguel Castro (FEUP – DEC), Luís Mesquita (IPB - DMA), Mário Vaz (FEUP-DEMec), Miguel Chichorro (FEUP – DEC), Rui Miranda Guedes (FEUP-DEMec) et al.

**BOOK COVER DESIGN:**

Soraia Maduro – Instituto Politécnico de Bragança

**INTERNET WEB PAGE:**

Pedro Oliveira – Instituto Politécnico de Bragança

**EDITION:**

1ª, Julho de 2019

**ISBN:**

978-989-97210-4-3

**LEGAL DEPOSIT:**

N.º 458089/19

**IMPRINT:**

Tipografia Artegráfica Brigantina

**NOTE:**

No part of this work may be reproduced without the written permission of the authors and the publisher.

## **PREFACE**

The Iberian-Latin American Congress on Fire Safety (CILASCI) is held once every two years, with the aim of disseminating scientific and technical knowledge in the field of fire safety, integrating different players involved in this area of knowledge. The first edition of the Iberian-Latin American Congress on Fire Safety (CILASCI 1), was held in Natal (Brazil) between 10-12 March 2011. The second congress (CILASCI 2) was held in Coimbra (Portugal), between May 29 and June 1, 2013. The 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> editions took place on the South American continent. The third congress (CILASCI 3) was held in Porto Alegre (Brazil) from November 3 to 6, 2015, while the fourth congress (CILASCI 4) was held in Recife (Brazil) from 9 to 11 October 2017. The CILASCI 5 will take place in the city of Porto (Portugal) from 15 to 17 July 2019, and presents 5 invited lectures and 85 manuscripts from researchers around the world (Algeria, Australia, Belgium, Brazil, China, Czech Republic, France, Hong Kong, Italy, Mozambique, Portugal, Spain, United Kingdom and United States).

the 5<sup>th</sup> Iberian-Latin-American congress on fire safety reflects the new developments achieved on active and passive fire protection, on evacuation and human behaviour under fire, on computational modelling of structures and materials under fire, on explosion and risk management, on architectural issues for fire safety in buildings, on fire dynamics, on the experimental analysis of materials and structures under fire, on fires in special buildings and spaces, on fire-fighting operations and equipments, and on the behaviour of structures and materials under fire.

The Fire Safety is reaching new developments as a result of new research, development and innovation around the world, based on the excellence level of the research, the support of new skilled professionals and due to the existence of advanced training programmes in fire science technology. This development will increase the safety level of people, buildings, and products, but also is going to produce an impact in the economy of each country, with a positive impact on society.

The organizing committee believe that this congress will address to our delegates a wide forum of discussion about the recent developments in Fire Safety, promoting the exchange of ideas and international cooperation.

The organizing Committee would like to thanks to all authors and delegates.

On the behalf of the Organizing Committee  
Paulo A. G. Piloto

## **ORGANIZING COMMITTEE**

Paulo Piloto, Insituto Politécnico de Bragança - DMA  
Débora Ferreira, Insituto Politécnico de Bragança - DMA  
Elza Fonseca, Instituto Politécnico do Porto- ISEP - DEM  
João Santos Baptista, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - DEM  
José Miguel Castro, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – DEC  
Luís Mesquita, Insituto Politécnico de Bragança - DMA  
Mário Vaz, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto -DEMec  
Miguel Chichorro, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – DEC  
Rui Miranda Guedes, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto -DEMec



## **SCIENTIFIC COMMITTEE**

Aldina Maria Santiago – Universidade de Coimbra – Portugal  
Ana Belén Ramos Gavilán - Universidade de Salamanca – Espanha  
Ângela Gaio Graeff – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - Brasil  
André Teles – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal – CBMDF - Brasil  
António Moura Correia – Instituto Politécnico de Coimbra – Portugal  
Armando L. Moreno Júnior – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - Brasil  
Bernardo Tutikian – Universidade do Vale dos Sinos – Brasil  
Carla Neves Costa – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - Brasil  
Carlos Balsa - – Instituto Politécnico de Bragança - Portugal  
Carlos Pina dos Santos – Laboratório Nacional de Engenharia Civil – Portugal  
Cristina Calmeiro dos Santos – Instituto Politécnico de Castelo Branco – Portugal  
Daniel Alvear Portilla - Universidade de Santander - Espanha  
Dayse Cavalcanti Duarte – Universidade Federal de Pernambuco – Brasil  
Débora Rodrigues de Sousa Macanjo Ferreira - Instituto Politécnico de Bragança – Portugal  
Domingues Xavier Viegas – Universidade de Coimbra - UC - Portugal  
Edna Moura Pinto – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil  
Elza Maria Morais Fonseca - Instituto Superior de Engenharia do Porto – Portugal  
Fabio Martin Rocha – Universidade de São Paulo – USP - Brasil  
Francisco Carlos Rodrigues – Universidade Federal de Minas Gerais – Brasil  
Gabriela B. de M. Lins de Albuquerque– Universidade de São Paulo – USP - Brasil  
George Cajaty Braga – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal – CBMDF - Brasil  
Geraldine Charreau – Instituto Nacional de Tecnologia Industrial – Argentina  
João Santos Baptista - Universidade do Porto – FEUP - Portugal  
João Godinho Viegas – Laboratório Nacional de Engenharia Civil – Portugal  
João Paulo Correia Rodrigues – Universidade de Coimbra – Portugal (Coord.)  
João Ramôa Correia - Universidade de Lisboa – IST – Portugal  
Jorge Gil Saraiva – Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Portugal  
Jorge Munaiair Neto – Escola de Engenharia de São Carlos da Univ. de São Paulo – Brasil  
Jorge Saul Suaznabar Velarde - IASU - Bolívia  
José Carlos Lopes Ribeiro – Universidade Federal de Viçosa - Brasil  
José Carlos Miranda Góis – Universidade de Coimbra - Portugal  
José Jéferson do Rêgo Silva – Universidade Federal de Pernambuco – Brasil  
Jose Luis Torero - Universidade de Maryland - Austrália  
José Miguel Castro - Universidade do Porto – FEUP - Portugal  
Larissa Kirchhof – Universidade Federal de Santa Maria – Brasil  
Lino Forte Marques – Universidade de Coimbra – Portugal  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho– Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS  
Luís Mesquita – Instituto Politécnico de Bragança – Portugal  
Manuel Romero Garcia – Universidade Politécnica de Valencia – Espanha  
Mariano Lázaro Urrutia - Universidade de Santander - Espanha  
Mário Augusto Pires Vaz - Universidade do Porto – FEUP - Portugal  
Miguel Chichorro Gonçalves – Universidade do Porto – FEUP - Portugal  
Nuno Filipe Borges Lopes – Universidade de Aveiro – Portugal  
Orlando V. Abreu Menéndez - Universidade de Santander – Espanha

*5<sup>th</sup> IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5*  
*Porto, Portugal, 15 - 17 July 2019*

Paulo A. G. Piloto – Instituto Politécnico de Bragança - Portugal  
Paulo Jorge M. F. Vila Real – Universidade de Aveiro – Portugal  
Poliana Dias de Moraes – Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil  
Ricardo Azoubel Silveira – Universidade Federal de Ouro Preto – Brasil  
Ricardo Cruz Hernandez – Universidade Industrial de Santander – Colômbia  
Ricardo Fakury – Universidade Federal de Minas Gerais - Brasil  
Rodrigo Barreto Caldas – Universidade Federal de Minas Gerais – Brasil  
Rogério Antochaves – Universidade Federal de Santa Maria – Brasil  
Ronaldo Rigobello - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Brasil  
Rosária Ono – Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo – Brasil  
Rui Faria – Universidade do Porto FEUP – Portugal  
Rui Miranda Guedes - Universidade do Porto FEUP – Portugal  
Saulo Almeida – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - Brasil  
Tiago Ancelmo de Carvalho Pires – Universidade Federal de Pernambuco – Brasil  
Valdir Pignatta e Silva – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Brasil (Coord.)  
Wolfram Jahn – Pontifícia Universidade Católica do Chile – Chile

*5<sup>th</sup> IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5*  
*Porto, Portugal, 15 - 17 July 2019*

## INDEX

PREFACE .....	iii
ORGANIZING COMMITTEE .....	iv
SCIENTIFIC COMMITTEE .....	v
INVITED LECTURES .....	1
EMERGENCY EXITS IN HIGH-RISE BUILDINGS .....	3
A NOVA GERAÇÃO DAS PARTES 1-2 (VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO FOGO) DOS EUROCÓDIGOS ESTRUTURAIS 1, 3 E 4.....	5
CHARACTERIZATION OF THE FIRE REACTION OF MATERIALS .....	7
ADVANCES IN FIRE PROTECTION TECHNOLOGIES.....	9
CONTROLO DE FUMO EM COMPARTIMENTOS: SIMULAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO .....	11
<b>SESSION S1A: ACTIVE AND PASSIVE FIRE PROTECTION .....</b>	<b>13</b>
ESTIMATIVA DA POTÊNCIA CALORÍFICA LIBERTADA NO INCÊNDIO OCORRIDO NO TÚNEL DO MARÃO EM 2017-06-11 .....	15
A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO QUE INDEPENDEM DO USUÁRIO PARA EDIFICAÇÕES OCUPADAS POR PESSOAS COM DIFICULDADE DE MOBILIDADE AUTÔNOMA EM CASO DE INCÊNDIO .....	17
PROPIEDADES TÉRMICAS DE LADRILLOS CERÁMICOS CON ADICION DE PRODUCTOS DE RECICLADO: REVISIÓN DE ESTUDIOS .....	19
INTUMESCENT COATINGS FOR THE PROTECTION OF STRUCTURAL STEEL IN CELLULOSIC FIRES – WATER BORNE VS SOLVENT BORNE .....	21
SYNTHESIS OF SILICA NANOPARTICLES TO ENHANCE THE FIRE RESISTANCE OF CEMENT MORTARS.....	23
<b>SESSION S1B: EVACUATION AND HUMAN BEHAVIOUR UNDER FIRE .....</b>	<b>25</b>
EVACUAÇÃO EMERGENCIAL DE EDIFICAÇÕES HOSPITALARES .....	27
A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ÂNGULOS DE FUSÃO ENTRE FLUXOS DE PEDESTRES NO TEMPO DE EVACUAÇÃO .....	29
ESCADAS E RAMPAS EM SAÍDAS DE EMERGÊNCIA E O TEMPO DE EVACUAÇÃO EM EDIFICAÇÃO ESCOLAR .....	31
REQUISITOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NA CONCEPÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO.....	33
MÉTODO PARA COLETA DE TEMPOS E TRAJETOS EM ESCADAS PARA A OBTENÇÃO DE VELOCIDADE DE CAMINHAMENTO DE CRIANÇAS EM SIMULADOS DE ABANDONO .....	35
<b>SESSION S2A: COMPUTATIONAL MODELLING OF STRUCTURES AND MATERIALS UNDER FIRE .....</b>	<b>37</b>
ANÁLISE TERMOESTRUTURAL DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO .....	39
NUMERICAL SIMULATION OF COMPOSITE SLABS WITH STEEL DECK UNDER FIRE CONDITIONS .....	41



*5<sup>th</sup> IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5*  
*Porto, Portugal, 15 - 17 July 2019*

MODELO NUMÉRICO TRIDIMENSIONAL PARA A VERIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO.....	43
MÉTODO GERAL PARA O DIMENSIONAMENTO AO FOGO DE COLUNAS DE INÉRCIA VARIÁVEL – ENCURVADURA PARA FORA DO PLANO .....	45
NUMERICAL STUDY ON THE BEHAVIOUR OF CONCRETE MASONRY IN FIRE SITUATION.....	47
NUMERICAL ANALYSIS OF CELLULAR STEEL BEAMS FAILURE MODES IN FIRE CONDITIONS .....	49
A REAPPRAISAL OF THE NOMINAL CURVATURE METHOD IN THE FIRE DESIGN OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS .....	51
<b>SESSION S2B: FIRE, EXPLOSION AND RISK MANAGEMENT.....</b>	<b>53</b>
ANÁLISE DE RISCO EM TÚNEIS RODOVIÁRIOS. A SITUAÇÃO EM PORTUGAL FACE À DIRECTIVA 2004/54/CE .....	55
AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO: MÉTODO DE GRETENER APLICADO AO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA .....	57
AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO DO CENTRO URBANO ANTIGO DE VILA NOVA DE GAIA / MATOSINHOS.....	59
INFLUÊNCIA DOS OCUPANTES E DOS ELEVADORES NA EVACUAÇÃO EM CASO DE INCÊNDIO DAS ENFERMARIAS E DOS LABORATÓRIOS DE UM HOSPITAL .....	61
AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DE UM EDIFÍCIO NO CENTRO HISTÓRICO DE VISEU .....	63
ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO EM QUATRO ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO NA CIDADE DE PORTO ALEGRE E POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NO PLANO DE EMERGÊNCIA DAS EDIFICAÇÕES .....	65
EXPLOSÕES DE POEIRA: UMA VISÃO GERAL .....	67
<b>SESSION S3A: COMPUTATIONAL MODELLING OF STRUCTURES AND MATERIALS UNDER FIRE .....</b>	<b>69</b>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UM COMPARTIMENTO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO .....	71
REVIEW ON THE BUCKLING STRUCTURAL ANALYSIS OF COLD-FORMED STEEL COLUMNS AT AMBIENT AND FIRE CONDITIONS.....	73
PROPOSTA DE NOVAS EXPRESSÕES PARA O CÁLCULO DO FATOR DE MASSIVIDADE EM PERFIS ESTRUTURAIS EM CONTACTO COM PAREDES.....	75
THERMAL BEHAVIOUR OF PARTIALLY ENCASED COLUMN UNDER COMBINED COMPRESSION AND BENDING ...	77
EFFECT OF THE LOAD LEVEL IN THE FIRE RESISTANCE OF COMPOSITE SLAB WITH STEEL DECKING .....	79
BEHAVIOR OF INDUSTRIAL BUILDINGS WITH STEEL PORTAL FRAMES UNDER FIRE CONDITIONS.....	81
VIRGILE PROJECT: THE CONCEPT OF VIRTUAL FIRE RESISTANCE FACILITY FOR THE ASSESSMENT OF CONSTRUCTION PRODUCTS PERFORMANCE .....	83
RESISTÊNCIA AO FOGO DE COLUNAS EM AÇO INOXIDÁVEL COM SECÇÕES CIRCULARES OCAS .....	85
PARTIALLY ENCASED COLUMNS EMBEDDED ON WALLS UNDER FIRE .....	87
<b>SESSION S3B: ARCHITECTURAL ISSUES AND EVACUATION FOR FIRE SAFETY IN BUILDINGS.....</b>	<b>89</b>

*5<sup>th</sup> IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5*  
*Porto, Portugal, 15 - 17 July 2019*

AVALIAÇÃO DAS NORMATIVAS BRASILEIRAS DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIO PARA PORTADORES DE NECESSIDADES ESPECIAIS VISUAIS: ESTUDO DE CASO .....	91
ATUALIZAÇÃO DO MÉTODO ARICA E DISCUSSÃO DA SUA APLICAÇÃO À REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES .....	93
VULNERABLE PEOPLE AND THE RESEARCHES ON FIRE SAFETY .....	95
COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE EXECUÇÃO ENTRE LAJES CONVENCIONAIS E NERVURADAS UNIDIRECIONAIS DIMENSIONADAS EM TEMPERATURA AMBIENTE E EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO .....	97
INTEGRATED FIRE-SAFE AND ENERGY-EFFICIENT DESIGN OF INSULATED ASSEMBLIES USING A MULTI-CRITERIA APPROACH .....	99
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO DE EDIFICAÇÕES ANTIGAS E TOMBADAS: SOLUÇÕES ADOPTADAS PELO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL .....	101
COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL: SISTEMAS LEVES DE ALTO DESEMPENHO AO FOGO .....	103
PERCEPCIÓN SUBJETIVA VS REALIDAD OBSERVADA DURANTE LOS PROCESOS DE EVACUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA .....	105
SAÍDAS DE EMERGÊNCIA, ANÁLISE E REFLEXÃO A PARTIR DE ESTUDO POR MODELAGEM E NORMALIZAÇÃO .....	107
<b>SESSION S4A: COMPUTATIONAL MODELLING OF STRUCTURES AND MATERIALS UNDER FIRE .....</b>	<b>109</b>
SOBRE A FLUÊNCIA DOS AÇOS ESTRUTURAIS EM INCÊNDIO .....	111
THE FIRE RESISTANCE OF (W-W-W) WOOD-TO-WOOD CONNECTIONS PROTECTED WITH DIFFERENT TYPES OF GYPSUM PLASTERBOARD .....	113
ERRO DE MODELO PARA O CÁLCULO DA CONFIABILIDADE ESTRUTURAL DE LIGAÇÕES PARAFUSADAS DE ESTRUTURAS DE MADEIRA EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO .....	115
THE DENSITY EFFECT IN (W-S-W) WOOD CONNECTIONS WITH INTERNAL STEEL PLATE AND PASSIVE PROTECTION UNDER FIRE .....	117
ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DE UM PILAR DE AÇO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO DIMENSIONADO CONFORME AS NORMAS BRASILEIRAS .....	119
NON-LOADBEARING LIGHT STEEL FRAMING WALLS UNDER FIRE .....	121
SOBRE OS EFEITOS DAS INTERAÇÕES ENTRE VIGAS E PILARES EM PÓRTICOS BIDIMENSIONAIS DE CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO .....	123
MECHANICAL ANALYSIS OF A PORTAL STEEL FRAME WHEN SUBJECTED TO A POST EARTHQUAKE FIRE.....	125
<b>SESSION S4B: FIRE DYNAMICS .....</b>	<b>127</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA EXAUSTÃO DE FUMAÇA POR MEIO DE CONVECÇÃO NATURAL EM DUTOS DE ESCADAS DE EMERGÊNCIA .....	129
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES EMPREGANDO A FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL .....	131
PROTOTIPAGEM DA EXAUSTÃO DE FUMAÇA POR MEIO DE CONVECÇÃO NATURAL EM DUTOS DE ESCADA DE EMERGÊNCIA .....	133

*5<sup>th</sup> IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5*  
*Porto, Portugal, 15 - 17 July 2019*

GASES DE INCÊNDIO: A COLETA E ANÁLISE EM EXPERIMENTOS EM ESCALA REAL .....	135
CONSIDERAÇÕES SOBRE O TAMANHO DA MALHA EM SIMULAÇÕES COM O FIRE DYNAMICS SIMULATOR .....	137
SISTEMA ALTERNATIVO DE COLETA DE ÁGUAS PLUVIAS PARA COMBATE DE INCÊNDIOS RESIDENCIAS .....	139
OS CUIDADOS NO SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO ENVOLVENDO ALUMÍNIO LÍQUIDO .....	141
<b>SESSION S5A: EXPERIMENTAL ANALYSIS OF MATERIALS AND STRUCTURES UNDER FIRE.....</b>	<b>143</b>
THERMAL ANALYSIS OF SOLID GLASS BRICK WALL EXPOSED TO FIRE .....	145
SELF-EXTINGUISHMENT ON LAMINATED BAMBOO STRUCTURES .....	147
FIRE BEHAVIOUR OF ECOLOGICAL SOIL-CEMENT BLOCKS WITH WASTE INCORPORATION – EXPERIMENTAL AND NUMERICAL ANALYSIS .....	149
STRUCTURAL PERFORMANCE OF STRUCTURAL INSULATED PANELS USED AS FLOOR SYSTEMS UNDER FIRE CONDITIONS.....	151
AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO FOGO NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO RESIDUAL DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO POR MEIO DO ENSAIO DEWS (DOUBLE EDGE WEDGE SPLITTING) .....	153
REIDRATAÇÃO DA PASTA DE CIMENTO PORTLAND APÓS EXPOSIÇÃO A 500°C.....	155
DURABILITY OF REACTION TO FIRE PERFORMANCE OF WOOD BASED PANELS THROUGH ACCELERATED AGING CYCLES.....	157
<b>SESSION S5B: FIRES IN SPECIAL BUILDINGS AND SPACES .....</b>	<b>159</b>
FIRE SAFETY IN BIG PUBLIC TRANSPORT TERMINAL BUILDINGS .....	161
DESENVOLVIMENTO DO INCÊNDIO NO EMPREENDIMENTO PORTIMÃO RETAIL PARK .....	163
COMPORTAMENTO DE INCÊNDIOS EM AMBIENTE MOBILIADO COM MATERIAIS CONSTITUÍDOS COM RETARDANTE DE CHAMA: UM ESTUDO COMPARATIVO .....	165
CARACTERIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DOS INCÊNDIOS REGISTRADOS NO ESTADO DO TOCANTINS NO ANO DE 2018 – UMA GRANDE INTERFACE URBANA FLORESTAL.....	167
MODELLING REAL FIRE BY THE MEAN OF FDS AND A 2-ZONE MODEL FOR STRUCTURAL POST-FIRE ASSESSMENT PURPOSES .....	169
INNOVATIONS FOR SMOKE MANAGEMENT IN PASSENGER TRAINS.....	171
A MOVE TO FULL PROFESSIONALISM FOR FIRE SAFETY ENGINEERS – THE WARREN CENTRE RESEARCH .....	173
<b>SESSION S6A: EXPERIMENTAL ANALYSIS OF MATERIALS AND STRUCTURES UNDER FIRE.....</b>	<b>175</b>
ANÁLISE EXPERIMENTAL DE PAREDES DE VEDAÇÃO DE BLOCOS MACIÇOS DE GESSO SUBMETIDAS À ELEVADAS TEMPERATURAS .....	177
ANÁLISE TEÓRICA E EXPERIMENTAL DE CONCRETOS ESTRUTURAIS SUBMETIDOS À TEMPERATURAS ELEVADAS .....	179
ANÁLISE COMPARATIVA DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO SOB RESFRIAMENTO NATURAL E BRUSCO.....	181

*5<sup>th</sup> IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY – CILASCI 5*  
*Porto, Portugal, 15 - 17 July 2019*

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CURA DE PLACAS MACIÇAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS À ELEVADAS TEMPERATURAS .....	183
REAL-SCALE EXPERIMENTAL ANALYSIS ON THE CONTINUITY EFFECT OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE SLABS UNDER FIRE: STATE OF THE ART .....	185
ANÁLISE TÉRMICA DE CONCRETOS COM INSERÇÃO DE RESÍDUOS RECICLADOS DE PNEUS INSERVÍVEIS .....	187
NUMERICAL ANALYSIS OF LATERAL TORSIONAL BUCKLING OF STEEL I-BEAMS WITH AND WITHOUT WEB-OPENINGS UNDER FIRE.....	189
<b>SESSION S6B: FIRE-FIGHTING OPERATIONS AND EQUIPMENTS.....</b>	<b>191</b>
NUMERICAL VALIDATION OF THE FIRE PERFORMANCE OF FIRE FIGHTER CLOTHING AND EXPERIMENTAL TESTS .....	193
NUMERICAL PREDICTION OF THE INCOMING HEAT FLUXES ON FIREFIGHTER PROTECTIVE CLOTHING .....	195
MODELAÇÃO DA EFICÁCIA DA INTERVENÇÃO DOS BOMBEIROS NA SEGURANÇA AO INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS .....	197
PROTOCOLO EXPERIMENTAL EM CONTAINER PARA TESTES DE TRAJES DE COMBATE A INCÊNDIO .....	199
SISTEMA DIGITAL DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO DO DISTRITO FEDERAL: IMPLANTAÇÃO E RESULTADOS DO SCIPWEB .....	201
AVALIAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE EXTIÇÃO DE INCÊNDIO .....	203
ANÁLISE DA CULTURA DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS E PERCEPÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO EM COMUNIDADES ESCOLARES DE PORTO ALEGRE PARA O DESENVOLVIMENTO DE TREINAMENTO PARA PROFESSORES.....	205

## PROPIEDADES TÉRMICAS DE LADRILLOS CERÁMICOS CON ADICION DE PRODUCTOS DE RECICLADO: REVISIÓN DE ESTUDIOS

**Ana B. R. Gavilán\***  
Profesora  
U.SALAMANCA  
Zamora

**M<sup>a</sup> Paz Sáez**  
Profesora  
U.GRANADA  
Granada

**M<sup>a</sup> Natividad Antón**  
Profesora  
U.SALAMANCA  
Zamora

**M<sup>a</sup> Ascensión  
Rodríguez**  
Profesora  
U.SALAMANCA

**Jesús Iñaki Gómez**  
Profesor  
U SALAMANCA  
Zamora

**Paulo A. G. Piloto**  
Profesor  
IPB  
Bragança

**Palabras clave:** Ladrillo cerámico; reciclaje de residuos; propiedades térmicas; modelo de comportamiento.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los ladrillos cerámicos son uno de los materiales de construcción más antiguos y demandados del mundo. Técnica y económicamente competitivos, tienen una buena capacidad portante, durabilidad, resistencia a fuego, aislamiento térmico y no causan problemas de calidad del aire en los interiores. Su creciente demanda a nivel mundial provoca la escasez de recursos naturales y un elevado consumo de energía, [1] [2]. En un contexto de sostenibilidad, y con las regulaciones medioambientales cada vez más restrictivas, una de las líneas de innovación del sector es la incorporación de residuos domésticos, industriales y agrícolas en su fabricación. Su adición no solo busca la eliminación de estos residuos, sino que además trata de mejorar las propiedades de los ladrillos y/o de su fabricación, [2] [3].

En esta comunicación se presenta una revisión de diversos estudios que analizan el comportamiento térmico de ladrillos cerámicos procedentes del reciclaje de residuos, orientados principalmente a la eficiencia energética de los cerramientos. La conductividad térmica de los ladrillos de arcilla está influenciada de manera compleja por muchas variables, entre las que cabe

---

\* Autor correspondiente – Dep. de Ingeniería Mecánica, Universidad de Salamanca - Politécnica Superior de Zamora. Avda. Cardenal Cisneros, 34. 49029 Zamora. Telef.: +34 980 545 000, E-mail: aramos@usal.es

destacar la densidad aparente, la porosidad, el tamaño de los poros y los componentes mineralógicos, en particular silicatos ricos en calcio, cuarzo y amorfo [4]. Por este motivo, una forma de incrementar la capacidad aislante de los ladrillos es a través del empleo de arcillas aligeradas que, mediante una porosidad homogénea en su matriz, disminuyen su conductividad térmica. En la mayoría de los casos analizados, la fabricación de estos cerámicos reciclados emplea agentes formadores de poros, que se pueden dividir en dos categorías: orgánicos o procedentes de fuentes renovables como productos o subproductos de cultivos agrícolas y residuos agroindustriales e industriales; e inorgánicos o minerales como residuos del mármol, escorias, cenizas, o residuos de vidrio [5]. Muchos de estos trabajos aportan, además, la composición del material y sus características físicas, micro-estructurales y mecánicas.

En base a la norma EN 1996-1-2:2005 [6], la resistencia a fuego de mampuestos de ladrillo puede determinarse a través de ensayos, de valores tabulados, de métodos analíticos simples o de métodos analíticos avanzados. La principal ventaja de los métodos analíticos es que su aplicación no se refiere solo a un elemento simple, sino que puede realizarse en sub-partes o estructuras al completo. Los métodos de cálculo avanzado se basan en modelos que consideran las propiedades térmicas y mecánicas en función de la temperatura. Los anejos nacionales facilitan valores de densidad, conductividad térmica, calor específico, deformación térmica, y diagramas tensión-deformación en función de la temperatura, que permiten análisis de la resistencia a fuego en base a modelos de elementos finitos, como el desarrollado por Nguyen y Meftah [7]. Por lo tanto, el conocimiento de las propiedades físicas, térmicas y mecánicas del material cerámico procedente del reciclaje de residuos, permitiría generar modelos de comportamiento, que para geometrías concretas, facilitarían valores de resistencia a fuego de los ladrillos.

## REFERENCIAS

- [1] Zhang, L. – *"Production of bricks from waste materials – A review"*, Construction and Building Materials, vol. 47, 2013, p. 643- 655.
- [2] Kadir, A.A.; Sarani, N.A. – *"An Overview of Wastes Recycling in Fired Clay Bricks"*, International Journal of Integrated Engineering, vol. 4, no. 2, 2012, p. 53- 69.
- [3] Shakir, A.A.; Mohammed, A.A. – *"Manufacturing of Bricks in the Past, in the Present and in the Future: A state of the Art Review"*, International Journal of Advances in Applied Sciences, vol. 2, no. 3, 2013, p. 145- 156.
- [4] Dondi, M.; Mazzanti, F.; Principi, P.; Raimondo, M.; Zanarini, G. – *"Thermal Conductivity of Clay Bricks"*, Journal of Materials in Civil Engineering, vol. 16, no. 1, 2004, p. 8- 14.
- [5] Raut, S.P.; Ralegaonkar, R.V., Mandavgane S.A. – *Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks"*, Magazine of Concrete Research, vol. 37, no. 133, 1985, p. 195- 215.
- [6] CEN- European Committee for Standardization, Ed., EN 1996-1-2: Eurocode 6. Design of masonry Structures. Part 1-2: General rules. Structural fire design, CEN-Europ. Brussels, 2005.
- [7] Nguyen, T.D; Meftah, F. – *"Behavior of hollow clay brick masonry walls during fire. Part 2: 3D finite element modeling and spalling assessment"*, Fire Safety Journal, vol. 66, 2014, p. 35- 45.

**CILASCI**

**5**

# 5º CONGRESSO IBERO-LATINO-AMERICANO EM SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

## *5th IBERIAN-LATIN-AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY*

### Sponsors



### Media Partner



ISBN 978-989-97210-4-3



9 789899 721043