



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



albrasci

associação luso-brasileira  
para a segurança contra incêndio

# 5.<sup>as</sup> JORNINC

Jornadas de Segurança  
aos **Incêndios Urbanos**



LISBOA • LNEC • 1 e 2 de junho de 2016

**LIVRO DE RESUMOS**

**EDITORES**

João Viegas; Carlos Pina dos Santos; José Pedro Lopes  
Luís Laím; Nuno Lopes; Paulo Piloto



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



albrasci  
associação brasileira  
para a segurança contra incêndio

# 5.<sup>as</sup> JORNINC

Jornadas de Segurança  
aos **Incêndios Urbanos**

LIVRO DE RESUMOS

LISBOA • LNEC  
1 e 2 de junho de 2016

## EDITORES

João Viegas  
Carlos Pina dos Santos  
José Pedro Lopes  
Luís Laím  
Nuno Lopes  
Paulo Piloto

**Aviso Legal**

A qualidade científica e os conteúdos das comunicações são da inteira responsabilidade dos respetivos autores. O editor não aceita qualquer responsabilidade pela informação contida nas comunicações inseridas na presente publicação.

Nos termos legais em vigor, é expressamente proibida a reprodução total ou parcial desta publicação, no seu todo ou em parte, não podendo ser reproduzida ou transmitida por qualquer forma ou processo eletrónico, mecânico ou outros, incluindo cópia, sem autorização expressa do editor.

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.  
Divisão de Divulgação Científica e Técnica  
AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA  
e-e: [livraria@lnec.pt](mailto:livraria@lnec.pt)  
[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)

## AGRADECIMENTOS

Os organizadores da conferência agradecem o apoio concedido pelas seguintes entidades:

**ALBRASCI**

Associação Luso-Brasileira para a Segurança Contra Incêndio

**ANPC**

Autoridade Nacional de Proteção Civil

**FUNDCIC**

Fundo para o Desenvolvimento das Ciências da Construção

**IPB**

Instituto Politécnico de Bragança

**LNEC**

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

**UA**

Universidade de Aveiro

**UC**

Universidade de Coimbra

**Ertecnica Lda.**

**OET**

Ordem dos Engenheiros Técnicos

**Tecnilab Portugal, S.A.**

**Teixeira Duarte** – Engenharia e Construções, S. A.

**SODECA** Portugal Lda.

Revista **Proteger**



## PREFÁCIO

A segurança aos incêndios urbanos assume particular importância pelo risco normalmente associado a este tipo de acidentes, tendo como objetivo a redução do número de ocorrências, das vítimas mortais, dos feridos, dos prejuízos materiais, dos danos patrimoniais, ambientais e de natureza social. O conhecimento associado a esta situação acidental é o resultado da evolução do conhecimento empírico, desenvolvido ao longo dos anos com incêndios reais e exercícios, e o resultado do conhecimento científico, normalmente desenvolvido nas instituições do Sistema Científico e Tecnológico, tendo em consideração a complexidade dos fenómenos e a respetiva interdisciplinaridade. Com vista à redução do risco de incêndios urbanos, Portugal tem assistido ao crescimento e atualização desta legislação.

Tendo por objetivo criar um fórum de discussão científica e técnica deste tema, no ano de 2005 foi dado início ao ciclo de Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos, com a realização das 1ªs Jornadas na Universidade de Coimbra.

Seguiram-se as 2ªs e as 3ªs Jornadas, realizadas nos anos de 2011 e 2013 também na Universidade de Coimbra, e as 4ªs Jornadas, realizadas em 2014 no Instituto Politécnico de Bragança com o apoio da ALBRASCI (Associação Luso-Brasileira para a Segurança Contra Incêndio). As 5ªs Jornadas pretendem dar continuidade à divulgação do desenvolvimento do conhecimento nos diversos domínios da segurança ao incêndio, de modo a constituir um fórum de debate alargado entre engenheiros, arquitetos, professores, investigadores, técnicos, licenciadores e demais entidades do sistema de proteção civil.

A Comissão Organizadora

## COMISSÃO ORGANIZADORA

João Viegas (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) – Coordenador

Carlos Pina dos Santos (Laboratório Nacional de Engenharia Civil)

José Pedro Lopes (Autoridade Nacional de Proteção Civil)

Luís Laím (Universidade de Coimbra)

Nuno Lopes (Universidade de Aveiro)

Paulo Piloto (Instituto Politécnico de Bragança)

## COMISSÃO EXECUTIVA

Teresa Fonseca

José Anacleto

Maria Fernanda Carvalho

Dulce Franco

## COMISSÃO CIENTÍFICA

Aldina M. da Cruz Santiago (Universidade de Coimbra)  
António Leça Coelho (Laboratório Nacional de Engenharia Civil)  
Carlos Ferreira de Castro (Action Modulers)  
Carlos Pina dos Santos (Laboratório Nacional de Engenharia Civil)  
Cristina Calmeiro dos Santos (Instituto Politécnico de Castelo Branco)  
Débora Ferreira (Instituto Politécnico de Bragança)  
Elza Fonseca (Instituto Politécnico de Bragança)  
José Carlos M. Góis (Universidade de Coimbra)  
João Carlos Viegas (Laboratório Nacional de Engenharia Civil)  
João Paulo C. Rodrigues (Universidade de Coimbra)  
João Ramôa Correia (Universidade de Lisboa)  
Jorge Gil Saraiva, Coordenador (Dinâmica Aplicada)  
Lino Forte Marques (Universidade de Coimbra)  
Luís Laím (Universidade de Coimbra)  
Luís Mesquita (Instituto Politécnico de Bragança)  
Miguel Chichorro Gonçalves (Universidade do Porto)  
Nuno Lopes (Universidade de Aveiro)  
Paulo A. G. Piloto (Instituto Politécnico de Bragança)  
Paulo Jorge M. F. Vila Real (Universidade de Aveiro)  
Paulo Lourenço (Universidade do Minho)  
Pedro Coelho (Universidade de Lisboa)  
Rui Faria (Universidade do Porto)

## SESSÕES PLENÁRIAS

### **O Regime Jurídico de SCIE - do D.L. nº 220/2008 ao D.L. nº 224/2015**

Carlos Souto (Autoridade Nacional de Proteção Civil)

### **Segurança contra incêndios em edifícios. Facilidades para a intervenção dos bombeiros**

Carlos Ferreira de Castro (Action Modulers)

### **Verificação da resistência ao fogo de estruturas de aço e mistas aço-betão**

Paulo Vila Real (Universidade de Aveiro)

### **Ventilação e controlo de fumo em túneis rodoviários**

Jorge Saraiva (Dinâmica Aplicada)

### **A transmissão do calor e a dinâmica do fogo**

João Ventura (IN+, Instituto Superior Técnico)

### **Sustentabilidade, eficiência energética e os desafios para a segurança face ao incêndio**

Carlos Pina dos Santos (Laboratório Nacional de Engenharia Civil)

## PROGRAMA GERAL

## 1 de junho de 2016

Hora	Auditório	Sala
8:00 às 8:30	Registo de participantes	
8:30 às 9:00	Sessão de abertura	
9:00 às 9:30	Sessão plenária I	
9:30 às 11:00	Comportamento das estruturas e dos materiais ao fogo I	
11:00 às 11:30		
11:30 às 12:00	Sessão plenária II	
12:00 às 13:30	Regulamentação, normalização e certificação em segurança contra incêndios	
13:30 às 14:30		
14:30 às 15:00	Sessão plenária III	
15:00 às 16:30	Comportamento das estruturas e dos materiais ao fogo II	Evacuação e comportamento humano em situação de incêndio
16:30 às 17:00		
17:00 às 17:30	Sessão plenária IV	
17:30 às 19:15	Controlo de fumo	Análise de risco de incêndio

## 2 de junho de 2016

9:00 às 9:30	Sessão plenária V
9:30 às 10:30	Comportamento das estruturas e dos materiais ao fogo III
10:30 às 11:00	
11:00 às 12:00	Organização e gestão da segurança contra incêndio
12:00 às 12:30	Sessão plenária VI
12:30 às 13:00	Sessão de encerramento



## ÍNDICE

### SESSÕES PLENÁRIAS

Segurança contra incêndio em edifícios. Facilidades para a intervenção dos bombeiros.....	3
Verificação da resistência ao fogo de estruturas de aço e mistas aço-betão.....	4
Ventilação e controlo de fumo em túneis rodoviários .....	5
A transmissão do calor e a dinâmica do fogo .....	7
Sustentabilidade, eficiência energética e os desafios para a segurança face ao incêndio.....	9

### COMPORTAMENTO DAS ESTRUTURAS E DOS MATERIAIS AO FOGO I

Contributo das geociências na investigação de incêndios em edifícios históricos: o caso da Sé de Lisboa .....	13
Modelação numérica de ensaios experimentais de vigas metálicas à temperatura normal e em situação de incêndio.....	15
Comportamento ao fogo de vigas de betão armado reforçadas com laminados de CFRP instalados em rasgos: ensaios de resistência ao fogo e simulação numérica .....	17
Modelação numérica da resposta térmica de perfis pultrudidos tubulares de GFRP em situação de incêndio .....	19
Wooden cellular slabs with and without insulation submitted to fire conditions.....	21
Exploratory tests on structures' resistance during forest fires .....	23

### REGULAMENTAÇÃO, NORMALIZAÇÃO E CERTIFICAÇÃO EM SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

Bocas-de-incêndio armadas: compatibilização do dimensionamento hidráulico.....	27
A legislação de segurança ao incêndio na reabilitação de edifícios: resultados de inquérito a entidades e profissionais do sector da construção .....	29
Análise dos critérios e fatores que determinam as "categorias de risco" previstas na atual legislação de segurança ao incêndio .....	30
A legislação de segurança contra incêndio em diferentes países.....	31
A segurança ao incêndio e a reabilitação sustentável de edifícios .....	32
Elevadores para evacuação - Caso de estudo .....	33

## COMPORTAMENTO DAS ESTRUTURAS E DOS MATERIAIS AO FOGO II

Behaviour of cellular beams protected with intumescent coatings.....	37
Estudo numérico e experimental de ligações aparafusadas autoperfurantes de chapas finas a temperaturas elevadas.....	39
Estudio analítico de la inestabilidad por pandeo lateral de vigas parcialmente embebidas expuestas a fuego ISO834.....	41
Modelação numérica de perfis enformados a frio a temperaturas elevadas.....	43
Load carrying capacity of partially encased columns for different fire ratings.....	45
Comportamento ao fogo dos CFRP - sistemas passivos de protecção.....	47

## EVACUAÇÃO E COMPORTAMENTO HUMANO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Comportamento humano em caso de incêndio.....	51
Fatores humanos e a segurança contra incêndios em túneis rodoviários.....	53
Planeamento de emergência baseado em cenários de incêndio.....	55
MEECI: a Modelação da Evacuação de Edifícios em Caso de Incêndio.....	58
Realidade virtual e jogos sérios: um novo paradigma de treino de pessoas em evacuação de edifícios.....	59
Modelação de incêndios em edifícios de ensino superior - polo I da Universidade de Coimbra.....	60

## CONTROLO DE FUMO

Controlo de fumo em parques de estacionamento cobertos - Complexo Sky Center, Luanda.....	65
O sistema de ventilação e controlo de fumo do túnel do Marão; Então... (2007).....	67
Full-size experiments of air curtains for smoke control in case of fire: final results.....	69
Controlo de fumo por meios passivos em túneis.....	71
Escoamento longitudinal em túneis longos.....	73
CFD analysis for the evaluation of the thermal radiation on a pool fire in an offshore platform.....	75
Extintor automático de incêndios.....	77

## ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO

Avaliação do risco de incêndio no Núcleo Urbano de Aljustrel.....	81
Incêndios em edifícios na cidade de Lisboa, análise e caracterização das ocorrências no período de 2010 a 2014 .....	83
Modelação do comportamento de uma estrutura sujeita a um incêndio de compartimento.....	85
Avaliação de risco de incêndio urbano - apresentação da aplicação numérica CHICHORRO 2.0 .....	87
MARIE: Modelo de Análise de Risco de Incêndio em Edifícios Existentes.....	89
Medidas para a eficiência no combate aos incêndios urbanos .....	90

## COMPORTAMENTO DAS ESTRUTURAS E DOS MATERIAIS AO FOGO III

Comparação estatística dos resultados da aplicação de métodos diversos na verificação da resistência ao fogo de pilares em betão armado .....	95
Análise termomecânica de colunas tubulares de aço de secção quadrada e retangular preenchidas com betão em caso de incêndio .....	97
Aplicação computacional dos métodos simplificados de cálculo da EN 1994 - 1.2 .....	99
O efeito das altas temperaturas na resistência à compressão de um betão com adição de fibras de aço e têxteis reciclados de pneu .....	101

## ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

O papel da direção escolar na gestão da segurança contra incêndio nas escolas.....	105
Importância da Gestão da Segurança Contra Incêndio em Edifícios: casos de incêndios com falhas de gestão graves .....	107
Caracterização da combustão de tendas de campismo .....	109
Extinção automática em hottes de cozinha.....	111
Índice de autores.....	113

**BEHAVIOUR OF CELLULAR BEAMS PROTECTED WITH INTUMESCENT COATINGS**

**Brahim Lamri**  
Student  
IPB - Bragança

**Luís Mesquita\***  
Professor  
IPB - Bragança

**Abdelhak Kada**  
Professor  
UHBC - Algeria

**Paulo Piloto**  
Professor  
IPB - Bragança

**Abstract**

A new engineering practice in modern buildings is to use beams with web openings to allow the passage of services within the depth of the beam instead of underneath the beam. This helps to reduce the floor height of the building and optimises the available space. The openings are cut in the web of a beam or a beam profile cut and re-welded to form the so called cellular beam. Usually the bending resistance is increased, in comparison to the original solid section, but the failure mode occurs generally at lower critical temperatures. The failure mode in fire is related to the distance between holes, web post slenderness in addition to the web and flange section factor.

The loss of the beam strength with temperature promotes an early web post failure that occurs before the section reaches the critical temperature, reason why an increase in the fire protection may be required for these beams to achieve the same fire resistance time as the equivalent solid beams.

Recent research on beams with closely spaced web openings has shown that the web posts between adjacent openings become significantly hotter than the bottom flange of the section, and that web post buckling can often be the failure mode for a member in the fire condition.

The present study aims at investigating the behaviour of cellular beams under fire conditions when considering unprotected and intumescent protected cellular steel beams. Experimental tests are conducted in both cases with and without protection where temperature profiles are produced and analysed. The behaviour of the intumescent fire protection with different

---

\*Autor correspondente – Instituto Politécnico de Bragança, Departamento de Mecânica Aplicada, Campus Sta Apolonia Ap. 1134, 5300-857 Bragança, Portugal.  
email: lmesquita@ipb.pt

properties and thicknesses is studied and compared using fire resistance tests. Simplified method of analysis and finite element models are used to study and compare results from tests.

The experimental temperature results show intumescent coating efficiency when applied to solid beams and also for cellular beams, resulting from its application an increase fire the resistance time in both cases. Considering for example the time required for the steel to reach 550 [°C], with the application of a nominal thickness of 1000 [ $\mu\text{m}$ ], an increase of the fire resistance time of 25 minutes is achieved for solid beams, while for cellular beams with a hole diameter of 160[mm] the increase is equal to 17 minutes.

Tests performed in cellular beams with web posts of 80 and 100 [mm] does not show any significant temperature difference neither in relation to the fire resistance time. For both beams, when is applied a nominal DFT equal to 1000 [ $\mu\text{m}$ ], the temperature of 550 [°C] is achieved after 28 minutes. For longer fire exposure periods a slight difference can be already verified.

For the case of a cellular beam with intumescent coating, test P16, a small contraction of the intumescent char around the circular hole, leaving a small area of steel directly exposed to fire. This study is being extended to a wider parametric analysis considering different cellular beams geometries and intumescent coatings thicknesses to allow for a general elemental multi-temperature analysis (EMTA).

**Keywords:** Cellular Beams; Intumescent Coatings; Fire Protection; Fire tests; Critical temperature;