

4as

JORNADAS de
Segurança
aos Incêndios Urbanos



6 e 7 Novembro 2014

Instituto Politécnico de Bragança

Atas dos Artigos

4^{as} JORNADAS de Segurança aos Incêndios Urbanos

Atas dos Artigos

ENTIDADES LOCAIS



APOIOS



PATROCÍNIOS



ISBN 978-989-97210-2-9



4^{as} JORNADAS de Segurança aos Incêndios Urbanos



Instituto Politécnico de Bragança

Atas dos Artigos



TÍTULO:

Atas dos Artigos das 4^{as} Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos

EDIÇÃO:

ALBRASCI (Associação Luso-Brasileira para a Segurança Contra Incêndio)

EDITORES:

Débora Ferreira (IPB), Elza Fonseca (IPB), João Carlos Viegas (LNEC), João Paulo C. Rodrigues (UC - ALBRASCI), José Pedro Lopes (ANPC), Luís Mesquita (IPB), Nuno Lopes (UA), Paulo Piloto (IPB)

DESIGN GRÁFICO:

Soraia Maduro – CIPweb IPB

EDIÇÃO:

1^a, Novembro de 2014

ISBN:

978-989-97210-2-9

DEPÓSITO LEGAL:

382800/14

IMPRESSÃO:

Bringráfica – Indústrias Gráficas, Lda

OBSERVAÇÃO:

Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida sem autorização escrita dos autores e da editora

PREFÁCIO

A Segurança Contra Incêndio de Edifícios (SCIE) atingiu a sua maturidade em Portugal fruto do desenvolvimento sustentado que tem tido na última década não só ao nível da investigação com a realização de vários projetos nacionais e europeus em várias instituições Portuguesas, como com o aparecimento de formação avançada (mestrado e doutoramento) e formação profissional em várias áreas da SCIE e da criação duma regulamentação uniforme para a área, suportada por uma normalização também ela completa e abrangente de toda a área da SCIE. Este desenvolvimento trará enormes retornos não só ao nível da segurança das edificações, bens e pessoas, como económicos, com um reflexo positivo para a sociedade. Portugal está hoje na primeira linha do desenvolvimento na área da SCIE. Poderemos dizer que projetar e construir hoje é mais seguro em termos de SCIE do que há quinze anos atrás e por isso temos que nos sentir orgulhosos.

No acompanhamento deste desenvolvimento, os Laboratórios das instituições públicas Portuguesas também se apetrecharam com novos e importantes equipamentos, que permitem o ensaio e certificação dos produtos das indústrias nacionais, tornando estas mais competitivas na sua ação não só no mercado nacional como internacional.

Portugal é hoje uma referência mundial na área da SCIE, sendo respeitado no Brasil e restantes PALOP como no resto do mundo. Neste relacionamento deve se destacar a ligação com o Brasil não só ao nível dos bombeiros, dos técnicos da empresas e dos professores e investigadores que na ALBRASCI – Associação Luso-Brasileira para a Segurança Contra Incêndio encontraram um espaço de discussão e colaboração em diferentes iniciativas em SCIE.

As Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos começaram em 2006, aquando da realização do primeiro Mestrado em Segurança Contra Incêndios Urbanos na Universidade de Coimbra, e em cada nova edição o sucesso vai-se renovando com o aparecimento de novos trabalhos científicos com um nível científico cada vez maior. Estas Jornadas têm constituído um fórum de debate alargado entre técnicos e demais interessados na área da SCIE.

As 4^{as} Jornadas em SCIE (4JORNINC) realizam-se este ano em Bragança, no Instituto Politécnico, pois esta é uma Escola que ao longo das últimas décadas tem realizado trabalho na área e criou um grupo de investigação que tem atuado ao maior nível em termos nacionais e internacionais. O número e qualidade das publicações submetidas a este evento foi muito bom pelo que o sucesso das 4JORNINC está assegurado.

Para finalizar queria agradecer a sua participação nestas Jornadas que serão certamente do seu maior interesse e profícuas para o seu desenvolvimento profissional.

João Paulo C. Rodrigues

COMISSÃO ORGANIZADORA

Débora Ferreira (IPB)
Elza Fonseca (IPB)
João Paulo C. Rodrigues (UC - ALBRASCI)
João Carlos Viegas (LNEC)
Luís Mesquita (IPB)
Nuno Lopes (UA)
José Pedro Lopes (ANPC)
Paulo A. G. Piloto (IPB)



Laboratório Nacional de Engenharia Civil

A small, stylized illustration of a building facade with a grid of windows and a central entrance.

COMISSÃO CIENTÍFICA

Aldina M. da Cruz Santiago (FCTUC)
António Moura Correia (IPC)
A. Sérgio Miguel (U Minho)
Carlos Ferreira de Castro (Action Modulers)
Carlos Pina dos Santos (LNEC)
Cristina Calmeiro dos Santos (IPCB)
Débora Ferreira (IPB)
Elza Fonseca (IPB)
José Carlos M. Góis (FCTUC)
João Carlos Viegas (LNEC)
João Ferreira (IST)
João Paulo C. Rodrigues (FCTUC)
João Pinheiro (CDOS Bragança – ANPC)
João Ramôa Correia (IST)
Joaquim Barros (U Minho)
Jorge Gil Saraiva (LNEC)
Lino Forte Marques (FCTUC)
Luís Laím (FCTUC)
Luís Mesquita (IPB)
Miguel Chichorro Gonçalves (FEUP)
Nuno Lopes (UA)
Paulo A. G. Piloto (IPB)
Paulo Jorge M. F. Vila Real (UA)
Paulo Lourenço (U Minho)
Pedro Martins Arezes (U Minho)
Pedro Vieira Carvalheira (FCTUC)
Rui Faria (FEUP)
Vítor Carlos T. Abrantes (FEUP)

ÍNDICE

PREFÁCIO	i
COMISSÃO ORGANIZADORA	iii
COMISSÃO CIENTÍFICA	iv
PALESTRAS	1
O DIMENSIONAMENTO AO FOGO DE ESTRUTURAS E OS EUROCÓDIGOS ESTRUTURAIS	3
PREVENÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA OS RISCOS DERIVADOS DE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS.....	27
GRAU DE PRONTIDÃO DOS MEIOS DE SOCORRO E A EFICÁCIA DOS BOMBEIROS PORTUGUESES	37
CONTROLO DE FUMO EM GRANDES ÁTRIOS.....	47
VALIDAÇÃO NUMÉRICA DE ENSAIOS EXPERIMENTAIS EM CONDIÇÕES DE INCÊNDIO.....	61
ARTIGOS	111
SESSÃO DE ARTIGOS 1:	111
ANÁLISE DA REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS E PROPOSTA DA SUA APLICAÇÃO EM MOÇAMBIQUE.....	113
UMA VISÃO SISTÊMICA DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES NO BRASIL E A POSSIBILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM REGULAMENTO NACIONAL.....	127
ANÁLISE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO SEGUNDO OS PRECEITOS DE DESEMPENHO, DURABILIDADE E SEGURANÇA EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO CONFORME AS PRESCRIÇÕES NORMATIVAS BRASILEIRAS.....	139
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM INSTALAÇÕES DE ARMAZENAMENTO DE MERCADORIAS.....	149
INCÊNDIOS EM TÚNEIS RODOVIÁRIOS – ENSAIOS À ESCALA REAL	157
IMPLEMENTAÇÃO DA DIRETIVA ATEX NO SETOR INDUSTRIAL	167
CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE REDES SECAS	177
COMPUTATIONAL SIMULATION ON THE PERFORMANCE OF AIR PLANE JETS FOR SMOKE CONTROL.....	187
CARACTERIZAÇÃO DOS JATOS GERADOS POR VENTILADORES DE IMPULSO.....	199
SESSÃO DE ARTIGOS 2:	213
ANÁLISE DO PERIGO DE INCÊNDIO NA ANTIGA VILA DOS PESCADORES EM PORTO ALEGRE (RIO GRANDE DO SUL - BRASIL).....	215
ADEQUAÇÃO DO MÉTODO DE GREENER À AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO NOS CENTROS URBANOS ANTIGOS.....	225
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE NA AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO DE EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS.....	235

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO URBANO – PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA ANÁLISE E GESTÃO DO EDIFICADO EXISTENTE	245
ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS: PRINCIPAIS GRUPOS DE INTERESSE.....	253
A SEGURANÇA OPERACIONAL NA ATIVIDADE DE SALVAMENTO E DE COMBATE A INCÊNDIOS	263
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS GESTÃO NO USO DOS EDIFÍCIOS	273
ESTUDO DA EVACUAÇÃO EM CASO DE INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS.....	283
O CONTROLO DE FUMO POR MEIOS ATIVOS E A EVACUAÇÃO EM LOCAIS DE RISCO.....	293
SESSÃO DE ARTIGOS 3:	305
ANÁLISE NUMÉRICA DA ENCURVADURA POR ESFORÇO TRANSVERSO EM VIGAS SUJEITAS A INTERAÇÃO ENTRE ESFORÇO TRANSVERSO E MOMENTO FLETOR A TEMPERATURAS ELEVADAS	307
ESTUDO PARAMÉTRICO DA RESISTÊNCIA AO FOGO DE VIGAS EM C ENFORMADAS A FRIO	319
EFFECT OF ELEVATED TEMPERATURES ON THE BOND STRENGTH OF FRP-STRENGTHENED BRICKS	331
ESTUDIO NUMÉRICO DE VIGAS PARCIALMENTE EMBEBIDAS SOMETIDAS A FLEXIÓN A ALTAS TEMPERATURAS.....	341
RESISTÊNCIA AO FOGO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE AÇO INOXIDÁVEL COM SECÇÕES TUBULARES QUADRADAS DE CLASSE 4 SUJEITOS A FLEXÃO COMPOSTA COM COMPRESSÃO	351
COMPORTAMENTO AO FOGO DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTAÇÃO DE BASE GESSO SUJEITOS A INCÊNDIO NATURAL	363
COMPORTAMENTO AO FOGO DE VIGAS DE BETÃO ARMADO REFORÇADAS À FLEXÃO COM LAMINADOS DE CFRP COLADOS EXTERIORMENTE. ESTUDO EXPERIMENTAL	375
ANÁLISE NUMÉRICA DE VIGAS MISTAS PARCIALMENTE REVESTIDAS DE AÇO E CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO.....	387
ANÁLISE TÉRMICA DE PILARES DE AÇO EXPOSTOS A INCÊNDIOS LOCALIZADOS.....	399
SESSÃO DE ARTIGOS 4:	411
PROPAGAÇÃO DE CHAMAS ATRAVÉS DE VÃOS DE FACHADA EM EDIFÍCIOS.....	413
COMPORTAMENTO AO FOGO DE COLUNAS DE GFRP. ESTUDO EXPERIMENTAL	425
BETÕES CORRENTES EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO.....	435
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS MODELOS DE CÁLCULO DA EN1993-1-2 PARA O DIMENSIONAMENTO AO FOGO DE VIGAS C EM AÇO ENFORMADAS A FRIO.....	445
BETÃO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE AÇO E TÊXTEIS RECICLADAS DE PNEU SUJEITO A ALTAS TEMPERATURAS.....	457
ANÁLISE TÉRMICA 2D E 3D DE UM PAVIMENTO/COBERTURA EM MADEIRA COM PERFURAÇÕES.....	467
RESISTÊNCIA AO FOGO DE VIGAS EM MADEIRA E SECÇÕES DE PERFIS EM AÇO.....	475

4^{as} Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos
Instituto Politécnico de Bragança - Portugal - 6-7 de Novembro de 2014

REDUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS SECÇÕES METÁLICAS PARCIALMENTE EMBEBIDAS COM BETÃO SUJEITAS AO FOGO	483
COMPORTAMENTO AO FOGO DE PAREDES EM TABIQUE.....	493
SESSÃO DE ARTIGOS 5:.....	505
RESISTÊNCIA AO FOGO DE LAJES CELULARES EM MADEIRA COM DIFERENTES PERFURAÇÕES – ANÁLISE EXPERIMENTAL.....	507
RESISTÊNCIA AO FOGO DE LAJES CELULARES EM MADEIRA COM DIFERENTES PERFURAÇÕES – ANÁLISE NUMÉRICA.....	517
RESISTÊNCIA AO FOGO DE BLOCOS DE BETÃO LEVE À BASE DE CAROÇO DE ESPIGA DE MILHO	527
REAÇÃO AO FOGO DE BETÃO COM E SEM FIBRAS DE POLIPROPILENO – ANÁLISE EXPERIMENTAL E VALIDAÇÃO NUMÉRICA.....	537
VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO FOGO DE ELEMENTOS NÃO UNIFORMES EM AÇO - VALIDAÇÃO NUMÉRICA DO MÉTODO GERAL DO EC3.....	549
FORMULAÇÃO E COMPORTAMENTO DE TINTAS INTUMESCENTES.....	559
ESTUDIO NUMÉRICO DE VIGAS PARCIALMENTE EMBEBIDAS SOMETIDAS A FLEXIÓN EXPUESTAS A FUEGO ISO834.....	569
COMPORTAMENTO AO FOGO DE PERFIS C E Z ENFORMADOS A FRIO	579
ENSAIOS DE REAÇÃO AO FOGO DE TINTAS INTUMESCENTES COM GRANULADO DE CORTIÇA.....	589
FATOR DE REDUÇÃO DO NÍVEL DE CARREGAMENTO, η_n : VALORES DE PROJETO E CONSEQUÊNCIAS DA SIMPLIFICAÇÃO APONTADA NO EC2-1-2.....	599
NÍVEL DE CARREGAMENTO À TEMPERATURA NORMAL, n : VALORES DE PROJETO E VALORES MÁXIMOS APONTADOS NO EC2-1-2	609

RESISTÊNCIA AO FOGO DE VIGAS EM MADEIRA E SECÇÕES DE PERFIS EM AÇO



Liliana Dias*
Aluna
IPB - Bragança



Simone Teixeira
Aluno
IPB - Bragança



Elza Fonseca
Professor
IPB - Bragança

RESUMO

A incorporação de aço com a madeira tem sido uma aposta em muitos projetos industriais pelas consideráveis vantagens que traduzem. A utilização de modelos madeira-aço tem como vantagens o aumento da resistência ao fogo e a melhoria na capacidade mecânica dessas estruturas. Existem diferentes soluções inovadoras, em madeira e seus derivados, para construções correntes, estruturais, não estruturais e de reabilitação. Neste trabalho são apresentadas diferentes soluções construtivas na utilização de vigas em madeira com secções de perfis em aço. É avaliado o campo de temperaturas em regime transiente nestas soluções construtivas quando submetidas ao fogo para diferentes cenários.

PALAVRAS-CHAVE: Fogo; perfis em aço; vigas em madeira.

1. INTRODUÇÃO

A madeira quando exposta ao fogo é combustível, diferente do que acontece com outros materiais, como o aço ou betão. Por esse motivo, a madeira decompõe-se em gases que alimentam as chamas. A vulnerabilidade de elementos em madeira, sob ação do fogo, obriga a que se determine e avalie o seu comportamento com rigor [1, 2]. Por outro lado, a combustão na madeira produz uma camada carbonizada isolante que dificulta a transferência de calor e o desenvolvimento do fogo para o seu interior, mantendo as temperaturas baixas no interior do elemento. A determinação da espessura da camada carbonizada permite o cálculo da dimensão da secção residual necessária para manter a resistência prevista pelo dimensionamento. A

*Autor correspondente – Instituto Politécnico de Bragança. Campus Santa Apolónia, 5301-857 Bragança. Telef.: +351 273 303155, Fax: +351 273 313051, E-mail: liliana_li_dias@hotmail.com

determinação da velocidade de combustão (razão entre a espessura carbonizada e o tempo de combustão) é um parâmetro importante na medida em que permite controlar o tempo de resistência dos elementos estruturais de madeira. A velocidade de combustão admite-se constante durante um incêndio, conforme valores apresentados pelo Eurocódigo 5 [3].

O aço é um material incombustível e muito bom condutor de calor. Por consequência, os elementos em aço aquecem rapidamente, pelo que a resistência ao fogo diminui consideravelmente.

Neste trabalho, a modelação numérica dos modelos aço-madeira prevê a análise a altas temperaturas e a formação de uma camada de carbonização envolvente na madeira. É utilizado um modelo computacional, sendo consideradas as propriedades de ambos os materiais não lineares.

2. MATERIAIS E METODOLOGIA

O material utilizado nos modelos em análise é a madeira de abeto (*spruce*), com comportamento não linear dependente da temperatura, cujas propriedades térmicas se encontram definidas no anexo B do Eurocódigo 5 [3].

As propriedades térmicas a considerar são a condutividade térmica, o calor específico e a massa volúmica, conforme representado na figura 1. A massa volúmica da madeira de abeto, à temperatura ambiente e considerada neste trabalho, foi igual a 450 kg/m³.

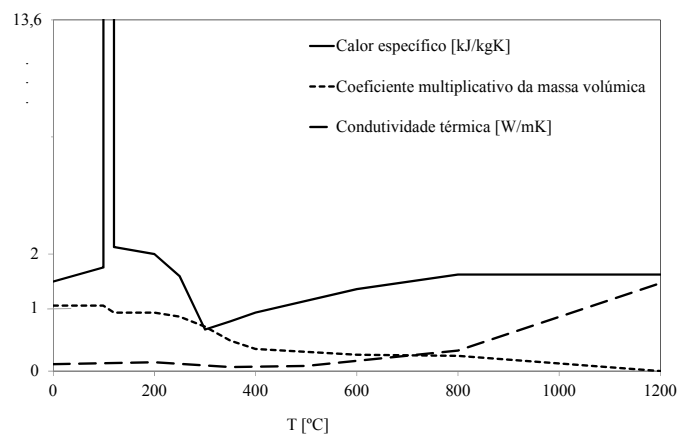


Figura 1: Propriedades térmicas da madeira.

O comportamento térmico da madeira pode ser descrito através dos processos de formação da zona da pirólise e da camada de carbonização. O processo de pirólise faz com que a massa volúmica da madeira varie em função do aumento da temperatura, devido à ausência de oxigénio. Por outro lado, a velocidade de carbonização da madeira é uma característica que permite avaliar a resistência ao fogo, sendo determinada pelo avanço da carbonização.

As propriedades térmicas do aço são função da temperatura e determinadas conforme o Eurocódigo 3 [4]. O calor específico e a condutividade térmica encontram-se representadas na figura 2. A massa volúmica do aço é considerada constante com valor igual a 7850 kg/m^3 .

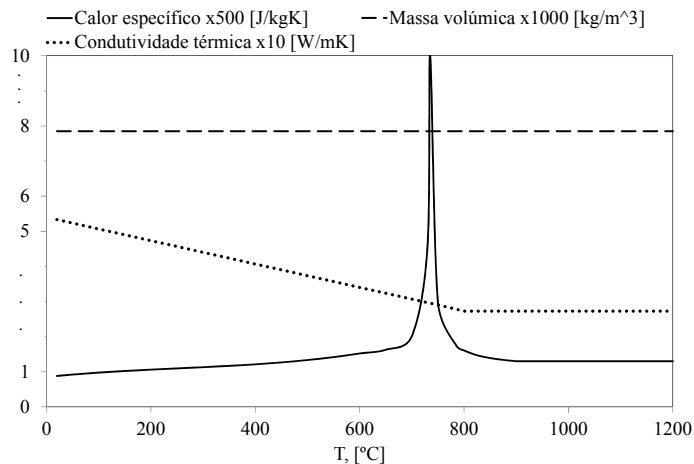


Figura 2: Propriedades térmicas do aço.

Na análise numérica é utilizado o método dos elementos finitos através do programa ANSYS, tendo sido utilizados elementos planos, PLANE77 com 8 nós.

Para cada modelo é calculado o perfil de temperaturas e avaliada a carbonização nas vigas de madeira.

A figura 3 representa os desenhos de definição de quatro soluções construtivas em estudo. A ação do fogo foi considerada em diferentes cenários: zona superior (C), zona inferior (B), em três lados envolventes não incluindo a parte superior (3L) e em quatro lados envolventes (4L).

O método de solução numérico é transiente e não linear, com uma duração de 1800s. Foram considerados diferentes cenários de exposição a fogo. De acordo com o Eurocódigo 1 [5] a evolução da temperatura de um incêndio ao longo do tempo pode ser definida por curvas de incêndio normalizado.

Neste trabalho adotou-se a utilização da curva de incêndio padrão ISO 834 [6], tendo sido consideradas condições de fronteira de convecção e radiação, na zona de exposição ao fogo.

No instante inicial, o modelo foi considerado à temperatura ambiente de 20°C . Foi utilizado um coeficiente de convecção igual a $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ na superfície exposta ao fogo e um fator de emissividade de 1 para a ação do fogo. Nos modelos 2 e 4 as cavidades de ar entre os perfis metálicos foram consideradas adiabáticas.

Modelo #1	Modelo #2
-----------	-----------

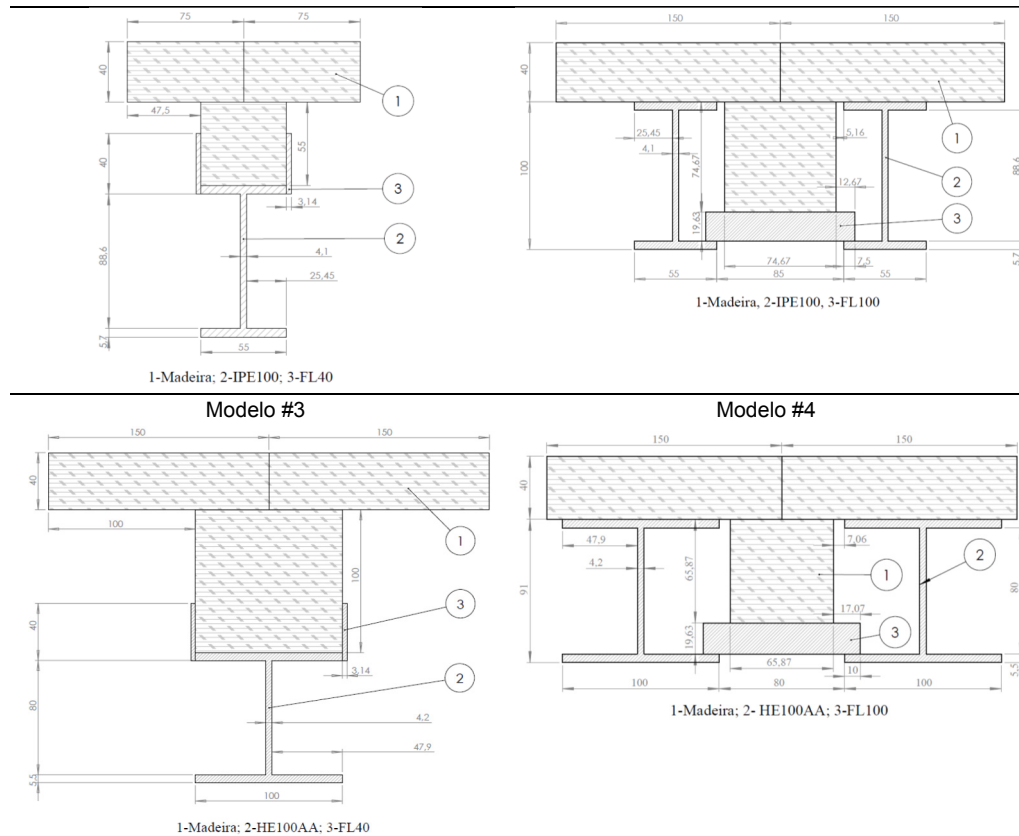


Figura 3: Soluções construtivas: vigas em madeira com perfis em aço.

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os campos de temperaturas foram obtidos em regime transiente, para diferentes posições nodais e conforme a ação do fogo nas zonas superior (C), inferior (B), 3 lados envolventes não incluindo a parte superior (3L) e 4 lados envolventes (4L) nos modelos em estudo, conforme as figuras 4 a 7.

Nos resultados apresentados na figura 4, observa-se que a imposição de fogo em 3 lados (3L) ou em 4 lados (4L) só difere no ponto 1, uma vez que para o tempo de exposição ao fogo de 1800s a madeira atinge diferentes temperaturas (400°C para fogo em 4 lados e 50°C para o fogo em 3 lados). As temperaturas registadas para a imposição do fogo na zona superior (C) são sempre baixas, sendo o ponto 1 (PT1) o que alcança a maior temperatura de 200°C. O fogo imposto na zona inferior (B) permite verificar que as temperaturas são elevadas nos perfis em aço (PT3 e PT4), mas mantêm-se muito baixas nas vigas de madeira (PT1 e PT2).

Resistência ao fogo de vigas em madeira e secções de perfis em aço

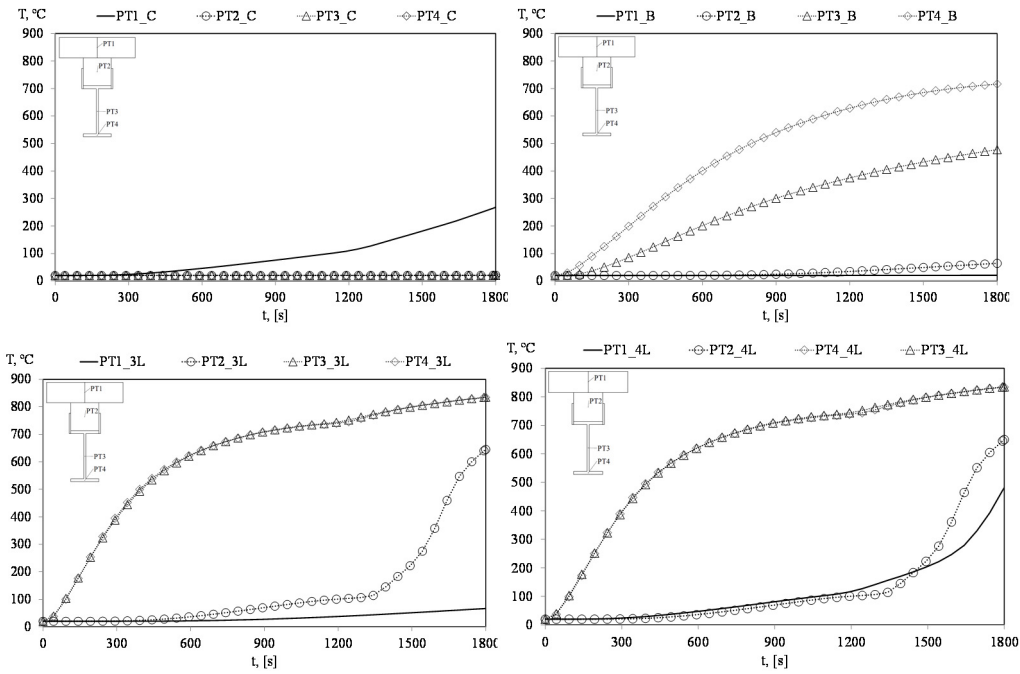


Figura 4: Temperatura em diferentes cenários de fogo, modelo #1, zonas (C), (B), (3L), (4L).

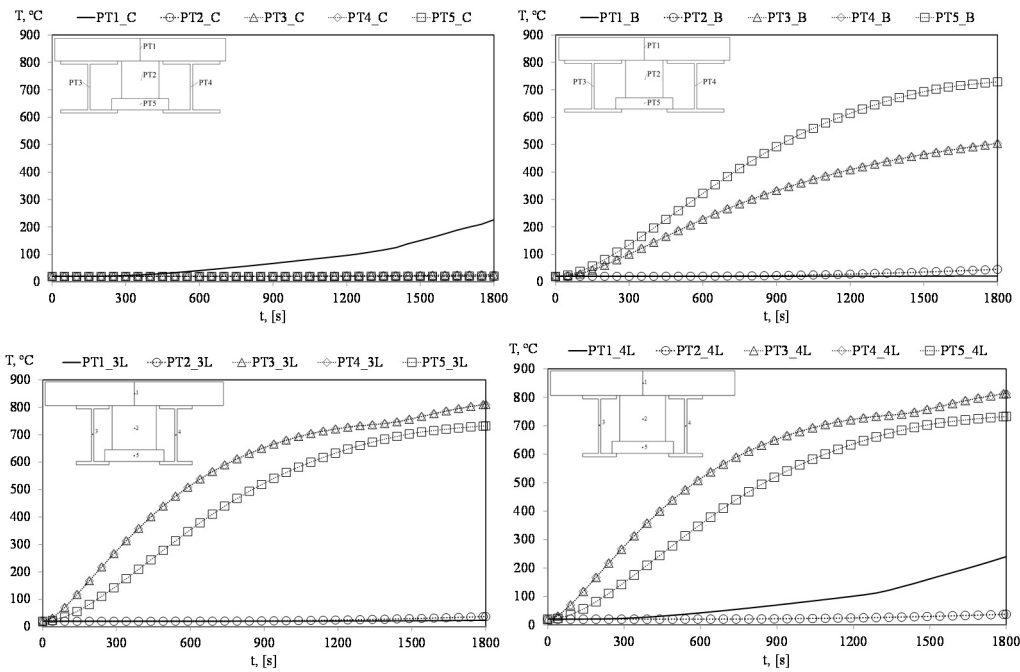


Figura 5: Temperatura em diferentes cenários de fogo, modelo #2, zonas (C), (B), (3L), (4L).

No modelo #2, figura 5, a imposição de fogo em 3 lados (3L) ou em 4 lados (4L) mantém também um registo de temperaturas idênticas, com exceção do ponto 1, atingindo 200°C para o fogo em 4 lados e permanecendo a temperaturas inferiores para o fogo em 3 lados. As temperaturas registadas para o fogo na zona superior (C) são sempre baixas, com registo no ponto 1 (PT1) de temperaturas na ordem dos 200°C. O fogo imposto na zona inferior (B) permite verificar que as temperaturas são elevadas nos perfis em aço (PT3, PT4 e PT5) e nas vigas de madeira (PT1 e PT2) as temperaturas mantêm-se baixas.

Os resultados da figura 6 permitem verificar que o modelo #3 tem comportamento similar ao modelo #1, com exceção das temperaturas registadas em PT2 para a imposição de fogo em 3 lados (3L) ou 4 lados (4L). As temperaturas mantêm-se baixas devido à maior massividade da viga em madeira (100x100mm), apesar do perfil em aço ter maior seção reta.

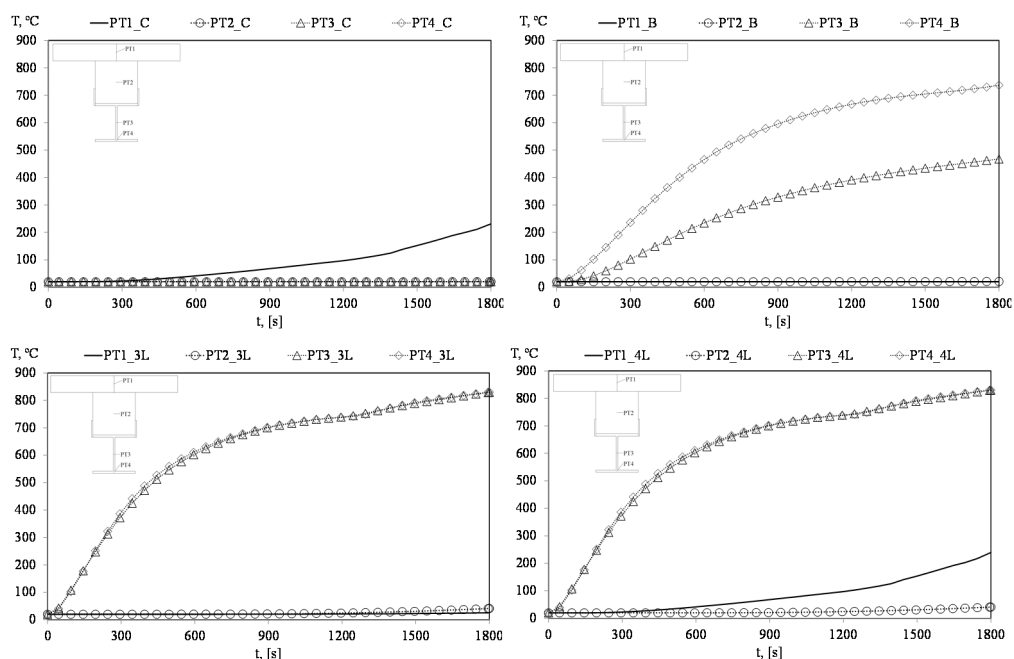


Figura 6: Temperatura em diferentes cenários de fogo, modelo #3, zonas (C), (B), (3L), (4L).

Na figura 7, o modelo #4 tem comportamento semelhante ao modelo #2, notando-se unicamente um maior aquecimento na zona central do perfil de madeira (PT2) para o fogo em 3 lados (3L) ou 4 lados (4L). A seção reta dos perfis em aço é maior e permitem maior passagem de calor para a viga de madeira, que tem dimensões ligeiramente inferiores à do modelo #2.

Os resultados numéricos permitiram avaliar o campo de temperaturas e o comportamento dos diferentes materiais nos elementos em estudo, quando submetidos ao fogo para diferentes cenários. Na figura 8 encontram-se os resultados das temperaturas para o instante de 1800s para todos os casos em estudo.

Resistência ao fogo de vigas em madeira e seções de perfis em aço

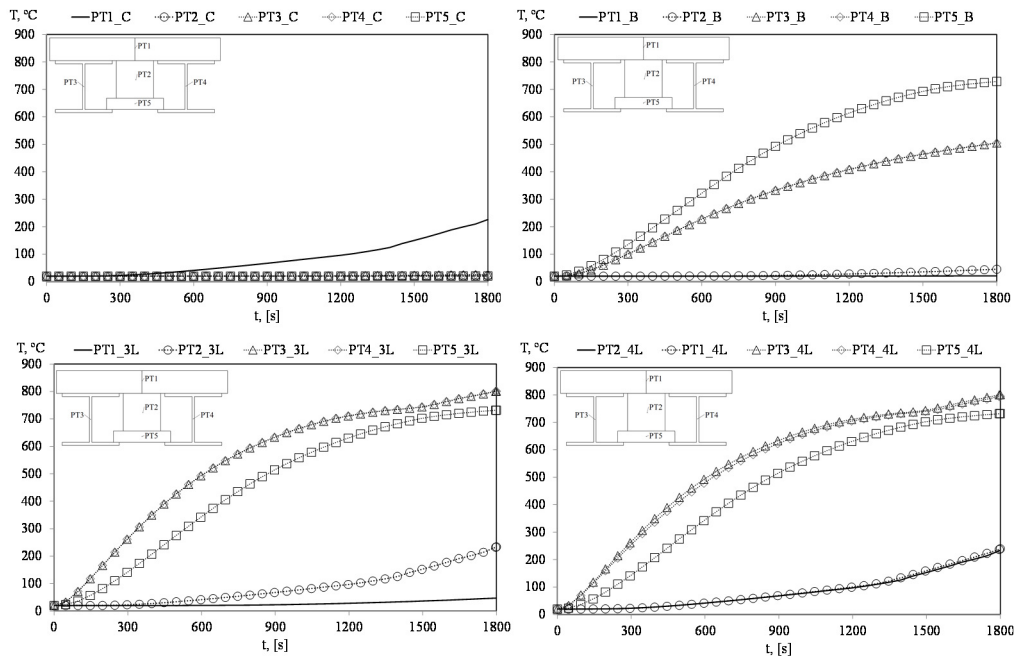


Figura 7: Temperatura em diferentes cenários de fogo, modelo #4, zonas (C), (B), (3L), (4L).

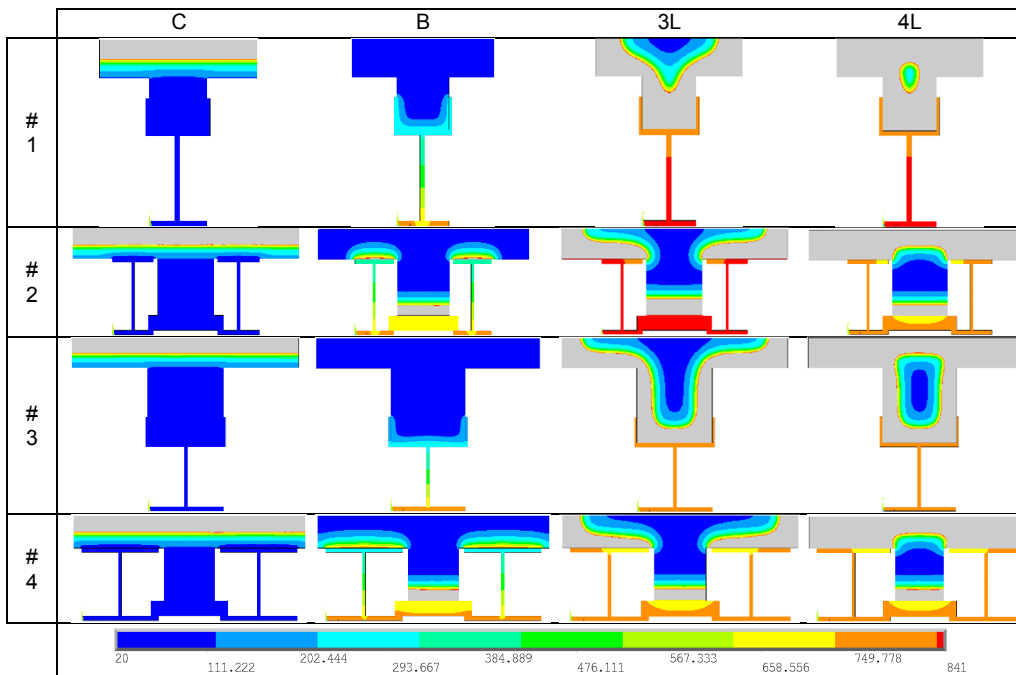


Figura 8: Temperaturas no instante 1800s e a carbonização nas vigas em madeira.

Observando a figura 8, verifica-se que nas vigas em madeira a camada carbonizada está identificada através da cor cinza. Nos modelos com exposição ao fogo na zona superior (C), os perfis em aço mantêm temperaturas sempre baixas, tendo o aquecimento sido impedido pela zona superior das vigas em madeira. Quando a exposição ao fogo é na zona inferior (B) os modelos #2 e #4 permitem a passagem de calor para as vigas em madeira. Na exposição ao fogo em 3 lados (3L) e 4 lados envolventes (4L) as vigas em madeira aquecem nos diferentes modelos.

O modelo #1, na situação de fogo (4L), traduz-se na situação mais crítica, uma vez que a viga de madeira carboniza completamente.

Comparando o modelo #1 com o modelo #3, e o modelo #2 com o #4, nota-se um comportamento semelhante, sendo que nas soluções construtivas com perfis em aço IPE100 (#1 e #3) o aquecimento é mais rápido.

4. CONCLUSÕES

Foram apresentadas 4 soluções construtivas correspondendo a 16 análise numéricas, atendendo aos diferentes cenários de fogo considerados.

As vigas em madeira mostraram ter desempenho como isolante térmico, conforme verificado nos modelos sob ação do fogo na zona superior, verificando-se uma maior resistência térmica no aço.

Os modelos construtivos com perfis em aço HE100AA apresentaram também uma menor transferência de calor para as vigas em madeira, quando comparadas com a mesma solução construtiva mas com perfis IPE100.

REFERÊNCIAS

- [1] Barbosa L.F.M., Almeida P.M.L., Fonseca E.M.M., Barreira L.M.S., Coelho D.C.S. - *Hybrid wood/steel elements under fire*, International Congress Fire Computer Modeling, Universidad de Cantabria, 2012, p. 407-420.
- [2] Fonseca E.M.M, Ramos H.M.E., Silva H.J.G., Ferreira D.R.S.M. - *Thermal Analysis of Wood-Steel Hybrid Construction*, 4th International Conference on Integrity, Reliability & Failure IRF2013, S. Gomes et al (Eds.), Funchal, 2013, Edições INEGI.
- [3] EN1995-1-2: 2003. *Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: Structural fire design*, CEN - Comité Européen de Normalisation.
- [4] EN 1993-1-2:1995. *Eurocode 3: Design of Structures - Part 1-2: General Rules - Structural Fire Design*, CEN - Comité Européen de Normalisation.
- [5] EN 1991-1-2: 2002. *Eurocode 1: Actions on Structures - Part 1-2: General actions - Actions on Structures Exposed to Fire*, CEN - Comité Européen de Normalisation.
- [6] ISO 834-1: 1999. *Fire-resistance tests - Elements of building construction – Part 1: general requirements*.