



ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

PIVA, João Pedro¹
NETO, Júlio Tozo²

RESUMO: Em virtude da empregabilidade da madeira em estruturas, assim como, sua utilização em artigos mobiliários, serviços e atividades industriais, é notória sua importância, quando se considera os riscos de ocorrência de um incêndio. Somado ao prejuízo monetário que um incêndio pode ocasionar encontra-se o valor cultural, muitas vezes imensurável, mas, principalmente, o fator da vida humana. Para combater a incerteza de ocorrência de incêndio em uma edificação, existem metodologias internacionais que verificam o risco de um possível sinistro. Com base no contexto, o presente artigo tem por objetivo verificar se as metodologias internacionais *Gretener*, *ARICA*, *FRAME* e *FRIM*, se preocupam com a utilização da madeira em uma edificação. Para tal, foi realizada a leitura e interpretação de cada método, elucidando seus fatores de análise, atribuindo a devida nota tabelada em suas metodologias, para aqueles que consideravam a utilização da madeira, e apontando quais os fatores mais preocupantes. Constatou-se com a pesquisa que os métodos internacionais trataram sim a madeira de forma satisfatória em sua metodologia, porém, apresentaram em suas tabelas pouca informação sobre as características das madeiras e a maneira como são utilizadas. A interpretação dos métodos internacionais *Gretener*, *ARICA*, *FRAME* e *FRIM* foi tomada de maneira bastante subjetiva e identificou-se a necessidade de experiência por parte do profissional para alcançar um resultado de risco final coerente. Os valores dos fatores variaram entre 1 e 3 nos métodos, somente para o *FRIM* que foi diferente variando no intervalo de 0 a 5. Os fatores, onde a madeira apresentou maior risco, foram na carga mobiliária e imobiliária, compartimentação corta-fogo, vias de evacuação e resistência de elementos estruturais e de fachada.

Palavras-chave: Madeira, Risco, Incêndio, Metodologias.

1 Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: jpp_piva@hotmail.com

2 Docente, Mestre, Engenheiro civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel – PR.

1. INTRODUÇÃO

Devido à variabilidade de estabelecimentos comerciais, públicos, residenciais e industriais, concomitantemente, à diversidade de atividades desenvolvidas nesses lugares, os riscos de um sinistro de incêndio demandam bastante importância. Segundo Allemand (2018), um incêndio além da possibilidade de ocasionar perdas humanas, pode gerar vários problemas ambientais, graves riscos à vizinhança e os problemas decorrentes de sua ação; e, quando severos, não possibilitam a recuperação do empreendimento ou estrutura.

De acordo com Vicente (2011), os agravantes de riscos estão relacionados à localização do edifício, à materiais combustíveis usados nos seus elementos estruturais, como a madeira, por exemplo, à alta densidade de construções vizinhas, com o pequeno ou inexistente recuo lateral entre elas, à ocupação de edifícios impróprios para usos habitacionais, além de instalações elétricas antigas sem manutenção ou precárias e diversos outros motivos.

Os problemas do risco de incêndio aumentaram simultaneamente com o desenvolvimento industrial, enquanto o nível de aceitabilidade do risco para a população diminuiu. Em contrapartida a esta preocupação, as autoridades, estudiosos das áreas de engenharia e seguros desenvolveram metodologias e ferramentas para a proteção e prevenção de riscos. A análise de risco trata-se de um conjunto de métodos e técnicas que, aplicados a uma dada atividade ou estrutura, identificam e avaliam de forma qualitativa e quantitativa os riscos que esses locais e atividades apresentam para a própria segurança e da edificação que o cercam (PEREIRA, 2015).

Segundo Gill e Silva (2011), as normas e regulamentações em vigor, que avaliam o risco de incêndio, deixam de lado novas soluções que poderiam ser adotadas para mitigar os possíveis danos. Para isso, existem alguns métodos internacionais consagrados que, por sua vez, são pouco difundidos e que apresentam um estudo mais detalhado no assunto, contemplando vários fatores que a legislação, muitas vezes, não avalia.

Para Dias (2013), estruturas de madeira quando devidamente projetadas para as situações em que são empregadas, na ocorrência de um incêndio, onde a temperatura ambiente é elevada, apresentam perda percentual de resistência inferior ao concreto e o aço, garantindo assim, boa eficiência de desempenho em um incêndio.

Diante disso, a justificativa para elaboração dessa pesquisa deve-se ao risco de combustão da madeira que, segundo Aguillar (1986), depende de variáveis como a espécie utilizada, seu teor de umidade, temperatura e tempo de exposição, robustez e forma da peça

utilizada na construção. Somado a isso, as circunstâncias e características em que cada estrutura se encontra, assim como, sua utilização e bens nela estocados, como móveis e produtos inflamáveis e seu estado de conservação contribuem no agravamento do risco de um incêndio. Portanto, com uma verificação e quantificação dos fatores e aspectos específicos de cada edificação, é possível por meio dos métodos de análise de risco de incêndio tornar a madeira um material de uso extremamente seguro através da adoção de medidas de proteção.

Com base nisso, a pergunta a ser respondida com a realização dessa pesquisa é a seguinte: As metodologias internacionais de avaliação de risco de incêndio conferem a devida importância às propriedades combustíveis da madeira utilizada nas estruturas?

Este estudo estará limitado à análise das seguintes metodologias internacionais listadas abaixo, evidenciando como tratam as estruturas de madeira, explicitando os fatores de riscos mais agravantes nas análises propostas em seus métodos.

- a) Método de GRETENER;
- b) Método FRAME (*Fire Risk Assessment Method for Engineering*);
- c) Método ARICA (Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos);
- d) Método FRIM (*Fire Risk Index Method*).

O objetivo geral tratado por este trabalho foi *realizar um levantamento detalhado de como as metodologias internacionais de análise de risco de incêndio classificam as estruturas de madeira, dadas as suas propriedades*.

Como objetivos específicos para a relevância da pesquisa serão considerados os seguintes itens:

- a) Elaborar um levantamento estatístico dos principais fatores de risco;
- b) Quantificar os riscos numericamente;
- c) Fazer uma análise de relevância dos riscos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção será abordado o conceito das metodologias de determinação de risco de incêndio e o detalhamento de como elas abordam estruturas e elementos de madeira, quais os parâmetros e cálculos utilizados para que seja possível obter valores de estudo e análise, a fim de propor possíveis intervenções e precauções a serem tomadas visando diminuição dos prováveis danos à estrutura, bens e pessoas.

2.1 Método Gretener

O Método Gretener foi criado em 1965, pelo Engenheiro Suíço Max Gretener e teve como objetivo à avaliação de edifícios industriais e edifícios de grandes dimensões quanto à suscetibilidade de ocorrer um incêndio no local. Em 1968, as autoridades competentes do corpo de bombeiros suíço recomendaram a sua aplicação para avaliação dos meios de proteção contra incêndio a qualquer tipo de edificações, incluindo os edifícios de habitação (SILVA; COELHO, 2007).

Segundo Valentim (2014), o método GRETENER baseia-se na utilização de fórmulas matemáticas integradas com utilização de tabelas de parâmetros pré-estabelecidos. Essa trabalha com a análise do processo do incêndio, determinando os fatores que propagam o desenvolvimento do sinistro; avalia os riscos de ativação em função do tipo de ocupação do edifício e, ainda avalia, a contribuição das medidas de segurança para a redução do risco de incêndio, presente nos edifícios.

A Equação 1 representa o fator de exposição ao perigo de incêndio (B), definido como o produto de todos os fatores de perigo (P), dividido pelo produto de todos os fatores de proteção contra o desenvolvimento do incêndio, dispostos em Normais (N), Especiais (E) e Construtivas (F) (VALENTIM 2014).

Equação 1: Fórmula do fator de exposição ao fogo

$$B = \frac{q \times c \times r \times k \times i \times e \times g}{N \times S \times F} = \frac{P}{N \times S \times F} \quad (1)$$

Fonte: Valentim (2014).

Onde:

B = fator de exposição ao perigo de incêndio;

q = carga de incêndio mobiliária;

c = combustibilidade;

r = formação de fumaça;

k = perigo de corrosão / toxicidade;

i = carga de incêndio imobiliária;

e = nível do andar ou altura do local;

g = amplitude dos compartimentos de incêndio e sua relação comprimento / largura;

N = fator de proteção normal;
S = fator de proteção especial;
F = fator de proteção construtiva;
P = produto de todos os fatores de perigo.

O risco de incêndio efetivo é encontrado então através da multiplicação do fator (B) encontrado anteriormente com o fator de ativação (A). Os valores de (A) são tabelados pelo método conforme a destinação de uso da edificação.

Equação 2: Risco efetivo de incêndio

$$R = B \times A$$

Fonte: Valentim (2014).

Onde:

R = risco de incêndio efetivo;
B = fator de exposição ao perigo de incêndio;
A = perigo de ativação.

A constatação da segurança contra o incêndio, representado na Equação 3, faz-se dividindo o risco de incêndio admissível (R_u) pelo risco de incêndio efetivo calculado com os fatores encontrados (R). A partir disso, caso o resultado encontrado seja maior ou igual a um, é possível constatar que o local está atendendo às precauções necessárias e encontra-se protegido contra incêndio (VALENTIM, 2014).

Equação 3: Critério de segurança contra incêndio

$$\gamma = \frac{R_u}{R} \geq 1 \quad (2)$$

Fonte: Valentim (2014).

Onde:

Y = critério de segurança;
 R_u = risco de incêndio admissível;
R = risco de incêndio efetivo.

2.2 Método FRAME

O Método FRAME (*Fire Risk Assessment Method for Engineering*) foi elaborado com base no Método de GRETENER, porém possui algumas adições de fatores referentes às instalações elétricas aos hidrantes exteriores, entre outros aspectos. Esse método tem por objetivo determinar o risco de incêndio em edifícios, através do cálculo separado de três coeficientes: o da edificação (aspectos patrimoniais), o dos ocupantes (segurança das pessoas) e o das atividades desenvolvidas no edifício em estudo. É aplicável a cada compartimento de incêndio (VALENTIM, 2014).

De acordo com Almeida (2013), o Método FRAME, semelhante ao Método GRETENER, parte do pressuposto da existência de um equilíbrio entre os fatores de risco e as medidas de proteção contra incêndio, oriundas de uma edificação. O cálculo do valor do risco de incêndio baseia-se em fórmulas empíricas, tabelas de parâmetros e na experiência profissional do avaliador, consistindo numa avaliação sistemática dos fatores positivos e negativos do edifício, obtendo-se como resultado final do risco de incêndio conforme Equação 4.

Equação 4: Risco de incêndio.

$$R = \frac{P}{A \times D} \quad (3)$$

Fonte: Almeida (2013).

Onde:

R = risco calculado;

P = risco potencial;

A = risco aceitável;

D = nível de proteção.

No Quadro 1 encontram-se os fatores dispostos em cada variável.

Quadro 1: Fatores de cada variável.

Risco potencial	Risco aceitável	Nível de proteção
Carga de incêndio	Fator de ativação	Fator de recurso de água
Fator de propagação	Fator de evacuação	Fator de proteção normal
Fator de geometria horizontal	Fator do conteúdo	Fator de proteção especial
Número de andares	-	Fator de resistência ao fogo
Tipo de ventilação	-	-
Acessibilidade	-	-

Fonte: Almeida (2013).

Portanto, para o Método FRAME a edificação apresentará um baixo risco de incêndio, caso o valor calculado do risco (R) for inferior ou semelhante ao valor 1 (um). Caso seja maior que este valor, a segurança da edificação não é favorável aos ocupantes e bens do local.

2.3 Método ARICA

O método ARICA, tem por objetivo avaliar o risco de incêndio de centros urbanos antigos. O princípio fundamental do método é que os edifícios dos centros urbanos antigos não devem ter um risco superior aos edifícios novos devido às pessoas residentes e pelo valor patrimonial, cultural e histórico que estes edifícios têm acumulado (MUCULO, 2013).

Almeida (2013) salienta ainda que, devido a esta metodologia se basear na comparação das condições existentes no edifício em análise com as condições estabelecidas pela regulamentação de segurança contra incêndios aplicável a edifícios novos, também é aplicável na avaliação de risco em edifícios novos, que foram construídos embasados nas normativas e regulamentações em vigor, atendendo assim, todos os fatores relevantes para determinação do real risco de incêndio da estrutura. Para realização do método é necessária a definição de três fatores globais de risco e um fator global de eficácia já proposto pelo método.

Estes quatro fatores globais abrangem todos os aspetos relacionados com a segurança ao incêndio: a segurança dos ocupantes, dos bens e do próprio edifício. Cada um dos fatores é constituído por fatores parciais que estão apresentados nas Quadros 2, 3 e 4. Os valores dos fatores dependem das condições em que estão os edifícios e podem estar tabelados ou determinados por meio de expressões desenvolvidas para o método (ALMEIDA, 2013).

Quadro 2: Fator de início do incêndio e desenvolvimento e propagação

Fator global de risco associado ao início do incêndio (FG_{II})	Fator global de risco associado ao desenvolvimento e propagação do incêndio no edifício (FG_{DPI})
Estado de conservação do edifício (F_{EC})	Conteúdo do edifício – Cargas de incêndio mobiliárias (F_{CI})
Instalações elétricas (F_{IEL})	Compartimentação corta-fogo (F_{CCF})
Instalações de gás (F_{IG})	Deteção, alerta e alarme de incêndio (F_{DI})
Natureza das cargas de incêndio mobiliárias (F_{NCI})	Equipas de segurança (F_{ES})
-	Propagação pelo exterior – Afastamento entre vãos sobrepostos (F_{AV})

Fonte: Almeida (2013).

Quadro 3: Fator de combate ao incêndio

Fatores exteriores de combate ao incêndio no edifício (FE_{CI})	Fatores interiores de combate ao incêndio no edifício (FI_{CI})
Acessibilidade ao edifício (F_{AE})	Extintores (F_{EXT})
Hidrantes exteriores (F_{HE})	Redes de incêndio armadas (F_{RIA})
Fiabilidade da rede de alimentação de água (F_F)	Colunas secas ou húmidas ($F_{CS/H}$)
-	Sistema automático de extinção (F_{SAE})

Fonte: Almeida (2013).

Quadro 4: Fator de evacuação do edifício

Fator global de risco associado à evacuação do edifício (FG_{EE})	
Fatores inerentes aos caminhos de evacuação (FI_{CE})	Fatores inerentes aos edifícios (FI_{CI})
Largura dos diversos elementos dos caminhos de evacuação (F_L)	Deteção, alerta e alarme de incêndio (F_{DI})
Distância a percorrer nas vias de evacuação (F_{DVE})	Equipas de segurança (F_{ES})
Número de saídas dos locais (F_{NSL})	Realização de exercícios de evacuação (F_{EE})
Inclinação das vias verticais de evacuação (F_{IVE})	-
Proteção das vias de evacuação (F_{PV})	-
Controlo de fumos das vias de evacuação (F_{CF})	-
Sinalização e iluminação de emergência (F_{SI})	-

Fonte: Almeida (2013).

Após a determinação dos fatores globais, é calculado o fator global de risco de incêndio do edifício (FRI) e comparado com o fator de risco de referência (FRR), através da expressão

representada na Equação 5. Quando o valor for superior a 1 (um) devem ser tomadas medidas para mitigar o risco de incêndio. O contrário representa boa segurança e não necessidade de adotar medidas de compensação de risco (ALMEIDA, 2013).

Equação 5: Risco de incêndio.

$$R = \frac{FRI}{FRR} \quad (4)$$

Fonte: Almeida (2013).

Onde:

R = risco de incêndio;

FRI = fator de risco de incêndio do edifício;

FRR = fator de risco de incêndio de referência.

2.4 Método FRIM

O método FRIM foi desenvolvido em 1998 por Sven-Erik Magnusson e Tomas Rantatalo na Universidade de Lund, na Suécia. É um método bastante utilizado nos países nórdicos, e se aplica aos edifícios de habitação, principalmente, aos edifícios em estrutura de madeira. Pode ser usado por pessoas sem grandes conhecimentos sobre segurança contra incêndio, pois é de fácil aplicação (VALENTIM, 2014).

Segundo Muculo (2013), os valores tabelados propostos pelo método variam numa escala de 0 a 5. O método apresenta vários níveis de decisão, objetivos, estratégia e parâmetros a serem adotados.

A metodologia integra 17 parâmetros de análise distribuídos por 17 categorias possíveis, que devem ser analisadas. Os parâmetros possuem pesos, de acordo a sua importância (VALENTIM, 2014).

O índice de risco é obtido através da multiplicação dos pesos e do valor atribuído a cada parâmetro, sendo o resultado obtido apresentado de forma numérica. Um índice elevado representa um nível elevado de segurança contra incêndio, enquanto um índice baixo corresponde a um nível baixo de segurança (ALMEIDA, 2013).

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo e material de pesquisa

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica qualitativa, de caráter descritivo e analítico, com levantamento dos principais fatores de risco de incêndio considerados como requisitos de atribuição do grau de segurança para focos e propagação de incêndio em edificações, abordados pelas metodologias internacionais de análise: Gretener, FRAME, FRIM e ARICA.

A pesquisa teve como foco, buscar em cada uma das metodologias de análise o tratamento que conferiam à madeira de modo geral, seja qual for sua utilização na estrutura ou como elemento da edificação. Além disso, buscou-se saber o valor do risco atribuído em cada fator apresentado pelas metodologias em estudo, oriundos das suas abordagens para as estruturas e elementos de madeira. Para tal, utilizou-se de artigos, teses e dissertações de autores que apresentavam o detalhamento das metodologias internacionais de análise de risco de incêndio (Gretener, FRAME, FRIM, ARICA), juntamente com suas respectivas tabelas para correlação dos coeficientes necessários para a atribuição de nota de risco de cada método.

3.2 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

O procedimento de coleta consistiu basicamente em leitura e interpretação dos regulamentos e tabelas para que fosse possível encontrar o valor relativo a cada parâmetro dos métodos. Nesta parte procurou-se nas metodologias (Gretener, FRAME, FRIM, ARICA), interpretar se o fator de risco em análise de cada método, apresentava relação com a madeira empregada nos elementos estruturais ou de preenchimento, para então arbitrar o valor de cada parâmetro.

Atentou-se para encontrar a relação com a madeira diretamente, na qual era mencionado seu nome ou utilização, ou então, indiretamente, quando citadas suas propriedades físico-químicas, como por exemplo: inflamabilidade, combustibilidade, resistência a chamas, entre outras similares.

Encontrados os fatores de cada método, foram elaborados, separadamente, quadros especificando sua descrição e valor de parâmetro de risco de incêndio. Posteriormente a cada um dos quadros elaborados, apresentou-se a relação dos parâmetros que citavam a empregabilidade da madeira em edificações.

3.3 Análise dos dados

Após a coleta de dados e elaboração dos quadros de fatores, foi realizada a respectiva análise, abordando-se as facilidades e obstáculos encontrados no momento de interpretação e coleta dos fatores separadamente para cada metodologia.

Buscou-se hierarquizar a importância dos riscos dentro de cada método separadamente, de acordo com seus valores encontrados de maneira decrescente, apresentando por meio de gráficos, para, então discernir qual o fator de risco que as metodologias (Gretener, FRAME, FRIM e ARICA) apresentam como mais preocupante em uma edificação, na qual a madeira apresenta utilização em sua estrutura ou recheio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a leitura e interpretação dos métodos (Gretener, FRAME, FRIM, ARICA), foram elaborados quadros, expressando seus fatores de análise encontrados e respectivos valores, separadamente. Na coluna valores, somente atentou-se para os fatores onde a madeira era considerada. Para os parâmetros que não tinham nenhuma forma de citação da madeira não foi atribuído valor algum. Além disso, alguns fatores apresentavam diferentes notas para as possibilidades de utilização da madeira na estrutura, e devido a isso, seu valor mínimo e máximo possíveis foram representados. Para o método FRIM, diferente dos outros métodos onde os valores se encontram no intervalo entre 0,5 e 3, geralmente, os valores atribuídos aos seus parâmetros estão entre 0 e 5, não extrapolando em maneira alguma.

4.1 Fatores método de Gretener

Para o método de Gretener os dados coletados entre seus fatores de perigos e fatores de proteção são os do Quadro 5.

Quadro 5: Fatores abordados pelo método Gretener.

DESCRIÇÃO	VALOR
Resistência ao fogo dos elementos estruturais	1,00
Distância entre edificações	-
Resistência ao fogo da fachada e telhado	1,10
Perigo de corrosão e toxicidade	1,00
Detecção, alerta e alarme de incêndio	-

Confiabilidade da rede de alimentação de água	-
Formação apropriada para combate	-
Comprimento do compartimento	-
Compartimentação corta-fogo	1,00/1,30
Largura do compartimento	-
Para raios	-
Número estimado de pessoas	-
Cargas de incêndio mobiliárias	1,20/1,80
Comprimento da tubulação móvel de alimentação exterior de água	-
Rondas de fiscalização	-
Sistema automático de combate a incêndio	-
Extintores portáteis	-
Hidrantes interiores abastecidos por reservatório particular	-
Sinalização e iluminação de emergência	-
Produção de fumaça	1,00
Nível do andar ou altura do local	-
Altura do compartimento	-
Carga de incêndio imobiliária	1,10/1,30
Combustibilidade	1,20
Tempo de intervenção dos bombeiros	-
Controle de fumaça nas vias de evacuação	-
Bombeiros e Brigadistas	-
Risco de ativação do incêndio	1,00

Fonte: Autor (2021).

O método de Gretener considera a madeira em suas fórmulas, porém não apresentou um estudo específico e detalhado em seus parâmetros de análise, o que foi apresentado são tabelas, nas quais citam a madeira e sua configuração, lhes atribuindo, assim, devida nota. O ponto de estudo em seu método, que fez menção direta a madeira, se aplica à carga de móvel, à carga imobiliária, à combustibilidade, à produção de fumaça, à compartimentação corta-fogo, ao perigo de corrosão e toxicidade, ao risco de ativação e, na verificação da resistência, ao fogo da estrutura que está sendo abordada pelo método.

Na abordagem da resistência da estrutura, a madeira foi avaliada com resistência menor que o aço e o concreto no quesito de tempo de durabilidade às chamas, recebendo, assim, menor valor. Já na carga de mobília a madeira, foi direta e especificamente, abordada apenas quando se trata do material em sua fase bruta, ou, então, em fase de processamento da matéria prima. Quando já composta em algum móvel, eletrodoméstico, mobília ou maquinário, a nota foi dada pelo item em si, sem contar seus constituintes.

Ao tratar da carga imobiliária, o método, então dá a atenção aos pilares, vigas, telhados e paredes da edificação analisada. Na tabela representativa deste fator fornecida pelo método, a madeira foi considerada de acordo com sua proteção e resistência. Entretanto, a proteção não foi especificada e tampouco a resistência; somente se possui proteção ou não, madeira bruta, laminada colada ou então com revestimento.

No parâmetro de combustibilidade, que avalia a inflamabilidade e a velocidade de propagação do incêndio no recinto, o método não descreveu especificamente a combustibilidade de cada material, apenas se é altamente combustível, facilmente combustível, inflamável, normal, dificilmente combustível ou incombustível. A falta de especificação também foi encontrada nos quesitos produção de fumaça, corrosão e toxicidade e risco de ativação. Em compensação, a tabela de valores de carga mobiliária proposta pelo método Gretener, já apresentou os valores de cada material analisado individualmente.

Por fim, o outro ponto de abordagem no método Gretener para a madeira foi na compartimentação de corta-fogo da edificação, onde foi considerada de acordo com as devidas proporções de sua dimensão na estrutura em análise.

4.2 Fatores método ARICA

Para o método ARICA os fatores encontrados foram os do Quadro 6.

Quadro 6: Fatores abordados pelo método ARICA.

DESCRIÇÃO	VALOR
Estado de conservação do edifício	1,00/1,20
Deteção, alerta e alarme de incêndio	-
Instalações elétricas	-
Hidrantes exteriores	-
Comfiabilidade da rede de alimentação de água	-

Instalações de gás	-
Compartimentação corta-fogo	1,00/2,00
Inclinação das vias verticais de evacuação	-
Colunas secas ou húmidas	-
Rede de incêndio armadas	-
Acessibilidades ao edifício	-
Número estimado de pessoas	-
Número de saídas dos locais	-
Cargas de incêndio mobiliárias	1,00
Sistema automático de combate a incêndio	-
Fator de mobilidade das pessoas	-
Extintores	-
Número de pisos	-
Largura dos diversos elementos dos caminhos de evacuação	-
Equipamentos de segurança	-
Afastamento entre vãos	-
Distância a percorrer nas vias de evacuação	-
Proteção das vias de evacuação	1,00/2,00
Controlo de fumaça nas vias de evacuação	-
Realização de exercícios de evacuação	-
Sinalização e iluminação de emergência	-

Fonte: Autor (2021).

A metodologia ARICA não foi clara no que se relaciona ao aferimento do estado de conservação do edifício, somente dividiu a classificação em: bom estado de conservação, sinais de degradação e sinais evidentes de degradação. Portanto, independente dos elementos utilizados na construção da edificação, sejam eles, concreto, aço ou madeira, foi feita a análise da mesma maneira subjetivamente.

Quando a instalação elétrica é abordada, somente verificou-se seu próprio estado de conservação e não foi atrelada a nada envolvendo ao modo e circunstâncias em que esta está instalada, em uma possível associação com a madeira, por exemplo. O mesmo ocorre para a instalação de gás que levou em conta somente o local em que está instalado e sua ventilação.

A carga de incêndio mobiliária tratou diretamente do risco de combustibilidade dos elementos que compõem o local de análise, os valores de referência são tabelados, conforme seu grau de risco; e, para a madeira foi adotado risco baixo, pois possui ponto de inflamação superior a 200 °C. Entretanto, para o cálculo da carga de incêndio mobiliária final, no método, são considerados a massa do material, seu poder calorífico, número de elementos inflamáveis que se encontram no local, assim como, a área em análise. Para todos esses pontos os valores encontrados para a madeira são tabelados ou então mensuráveis.

No que se refere à compartimentação corta-fogo, o método ARICA verifica a resistência dos elementos constituintes dos pavimentos, vãos e paredes, bem como, a área de abordagem. Os valores encontrados são confrontados com os valores exigidos já regulamentados. Diante disso, verificou-se que não houve menção ou abordagem da madeira de forma clara nesta parte do método.

Outro ponto, onde foi verificado a necessidade de averiguação da resistência ao fogo dos elementos que compõem a estrutura foi a proteção das vias de evacuação. Nesta etapa a análise é semelhante a compartimentação corta-fogo, comparando o valor de resistência ao fogo regulamentado com o existente no local e considerando-se o comprimento de paredes e pavimentos da evacuação.

4.3 Fatores método FRAME

Para o método FRAME os fatores encontrados foram os do Quadro 7.

Quadro 7: Fatores abordados pelo método FRAME.

DESCRIÇÃO	VALOR
Detecção, alerta e alarme de incêndio	-
Hidrantes exteriores	-
Comfiabilidade da rede de alimentação de água	-
Formação apropriada para combate	-
Comprimento do compartimento	-
Compartimentação corta-fogo	-
Valor do recheio (monetário)	-
Largura do compartimento	-
Acessibilidades ao edifício	-

Número estimado de pessoas	-
Número de saídas dos locais	-
Dimensão média do recheio	-
Cargas de incêndio mobiliárias	1,00/2,00
Superfície coberta do compartimento	-
Sistema automático de combate a incêndio	-
Fator de mobilidade das pessoas	-
Extintores	-
Hidrantes interiores	-
Risco de explosão	-
Sistema de ventilação	-
Altura do compartimento	-
Número de pisos	-
Carga de incêndio imobiliária	1,00/2,00
Largura dos diversos elementos dos caminhos de evacuação	-
Sistema de aquecimento	-
Propagação de incêndio	1,00/1,30
Instalações elétricas	-
Resistência ao fogo de elementos estruturais	1,00/1,50
Tempo de intervenção dos bombeiros	-
Reservatório de água	-
Fator de ativação	0,10/1,00

Fonte: Autor (2021).

Para o método de FRAME, o fator carga de incêndio englobou tanto a carga imobiliária, que está atrelada aos elementos de construção do edifício, quanto a carga mobiliária que trata do conteúdo do local em análise. Os valores das duas cargas, embora contemplem uma gama de elementos individuais e com características próprias, são aproximados por valores tabelados. Neste ponto, foi constatado que a madeira é especificada quanto ao seu uso em estruturas no que trata a carga imobiliária. Já na mobiliária não há descrição sobre elementos de madeira, somente referente à quantidade da ocupação sendo reduzida ou, então, elevada.

O parâmetro propagação de incêndio para a atividade, leva em consideração as dimensões dos materiais, suas classes de propagação para a combustão e suas temperaturas de

destruição. A madeira foi citada em todos, apresentando valores de parâmetros também tabelados. O que foi constatado é a subjetividade da análise, assim como, a falta de especificações de elementos constituintes. Por exemplo, no quesito dimensões, foi somente descrito o armazenamento em estrados de madeira. O item de propagação de combustão é separado, conforme sua combustibilidade: de não combustível até altamente inflamável. Por fim, para a temperatura de destruição da madeira encontrou-se valor tabelado.

Para o fator de área do método, que trata da compartimentação corta-fogo do local de estudo, foi constatado que sua utilização se dá somente caso os elementos da compartimentação não atendam aos requisitos de estabilidade, integridade e estanqueidade da ISO 834.

O fator de ativação abordado pela metodologia é ligado ao material presente no local e à atividade exercida no mesmo. Nesse fator, foram encontrados valores tabelados que tratam as atividades industriais com madeira e fatores agravantes de seu beneficiamento.

Para o parâmetro de Risco inicial, que calcula a resistência ao fogo em minutos das vigas, paredes e pilares, encontraram-se valores para elementos de aço, concreto e madeira. Entretanto, só existiam valores de referência, quando se considerava a madeira de grande seção, já as madeiras de menor seção ou aligeiradas não apresentavam valor de resistência em minutos. A mesma análise também foi encontrada para a resistência ao fogo da estrutura abordada nas medidas de proteção do método FRAME.

4.4 Fatores método FRIM

Para o método FRIM os fatores encontrados foram os do Quadro 8.

Quadro 8: Fatores abordados pelo método FRIM.

DESCRIÇÃO	VALOR
Resistência ao fogo dos elementos de compartimentação	1-3
Detecção, alerta e alarme de incêndio	-
Inspeção e manutenção dos sistemas de evacuação e vias de comunicação	-
Compartimentação corta-fogo	0-3
Sistema de controle de fumaça	-
Número de saídas dos locais	-
Distância mínima entre edifícios adjacentes	-
Sistema automático de combate a incêndio	-

Sinalização e iluminação de emergência	-
Sistema de ventilação	-
Largura dos diversos elementos dos caminhos de evacuação	-
Tempo de intervenção dos bombeiros	-
Distância a percorrer nas vias de evacuação	-
Proteção das vias de evacuação	1-4
Controlo de fumaça nas vias de evacuação	-
Materiais de revestimento dos compartimentos	2-4
Extintores	-
Acessibilidade ao local	-
Capacidade de resposta dos sistemas de incêndio	-
Resistência ao fogo da fachada	0-3
Informação dos usuários da estrutura sobre vias de evacuação	-
Resistência ao fogo da estrutura	0-5
Combustibilidade da estrutura	0-3
Portas	1-3
Janelas	0-2

Fonte: Autor (2021).

Analisando a metodologia FRIM, constatou-se que seu método é de fácil utilização por pessoas menos instruídas no assunto. Suas tabelas são concisas e seus parâmetros bem sucintos na explicação. As fórmulas são somente de multiplicação entre os parâmetros e coeficientes.

Analisando o fator materiais de revestimento dos compartimentos foi encontrada classificação para madeiras sem tratamento, aglomerados de madeira de baixa densidade e madeiras resistentes ao fogo (impregnadas). No parâmetro das vias de evacuação, também foi encontrada a mesma classificação tratada anteriormente, atribuída nota aos materiais da estrutura e revestimento do local de evacuação.

No item fachadas, também se verificou que os quesitos: material combustível nas fachadas, material combustível acima das janelas e elemento vazio, entre o suporte da fachada e o revestimento, tratavam somente se o material empregado é combustível ou não, assim como, sua devida porcentagem de ocupação.

No item portas de evacuação e janelas em fachadas, foi constatado que a nota é atribuída de acordo com seu material e sua devida resistência em tempo ao fogo. O mesmo foi valido para a estanqueidade e isolamento térmico dos elementos de compartimentação. Já para a ligação entre os elementos corta fogo, foi encontrada classificação, caso seja estrutura de madeira com espaços fechados e sem elementos corta fogo.

Outro ponto em que houve citação indireta da madeira foi no item combustível, avaliando se o isolamento da área de compartimentação e a estrutura de separação são de material combustível.

A estabilidade estrutural do edifício, quando exposta ao fogo, é a que tem relação com sua carga máxima suportada nesta situação, porém, em sua tabela, só foram encontrados os intervalos dos valores de carga máxima suportada sem especificar o material que a pertencem. Para o fator de combustibilidade dos elementos da estrutura e revestimento, encontrou-se classificação como combustível ou não, de ambas as partes ou separadamente.

4.5 Fatores de maior relevância

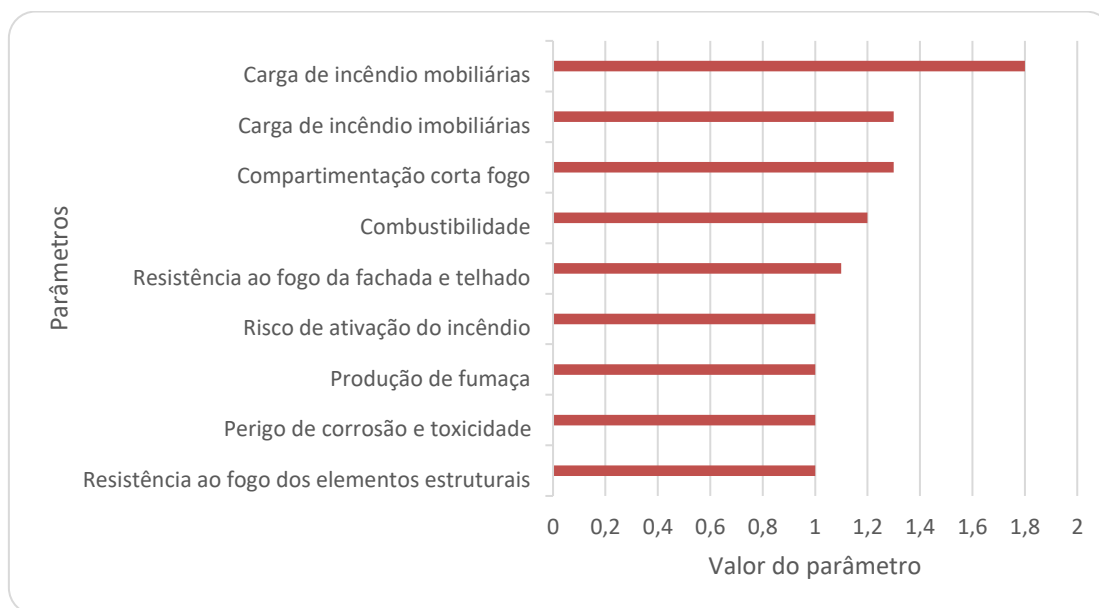
Com base nos fatores encontrados nos métodos (Gretener, ARICA, FRAME e FRIM), que foram anteriormente apresentados nos Quadros 5, 6, 7 e 8, organizou-se em ordem decrescente, representados nas Figuras 1, 2, 3 e 4, seus respectivos valores máximos encontrados para a madeira. Cada método foi organizado em um gráfico separadamente, pois por mais que o método FRAME, por exemplo, seja derivado do método de Gretener, suas fórmulas e cálculos de risco final divergem entre si. Além disso, o método de FRIM tem seus valores estipulados no intervalo entre 0 e 5, enquanto Gretener, ARICA e FRAME tem seus valores variando em média entre 0,5 e 3, podendo em casos muito específicos, como na ausência de elementos que atendam a normativas de segurança, materiais com propriedades físico-químicas fora do comum ou proporção de ambientes exagerada, extrapolar esses valores.

Por estes motivos, os métodos em muitos de seus parâmetros e fórmulas adotam valores limites para cálculo, a fim de evitar valores absurdos que descrevessem uma falsa ideia de segurança ou, então, um fator de risco alto exorbitante.

No método de Gretener, conforme Equação 2, valores de parâmetros mais altos expressaram um índice de segurança contra incêndio menor, que, por consequência, significa maior probabilidade de ocorrência de incêndio e maiores danos. De acordo com a Figura 1, constatou-se que os fatores mais preocupantes foram:

- Carga de incêndio mobiliária e imobiliária;
- Compartimentação corta fogo;
- Combustibilidade;
- Resistência ao fogo da fachada e telhado.

Figura 1: Valores dos parâmetros do método de Gretener.

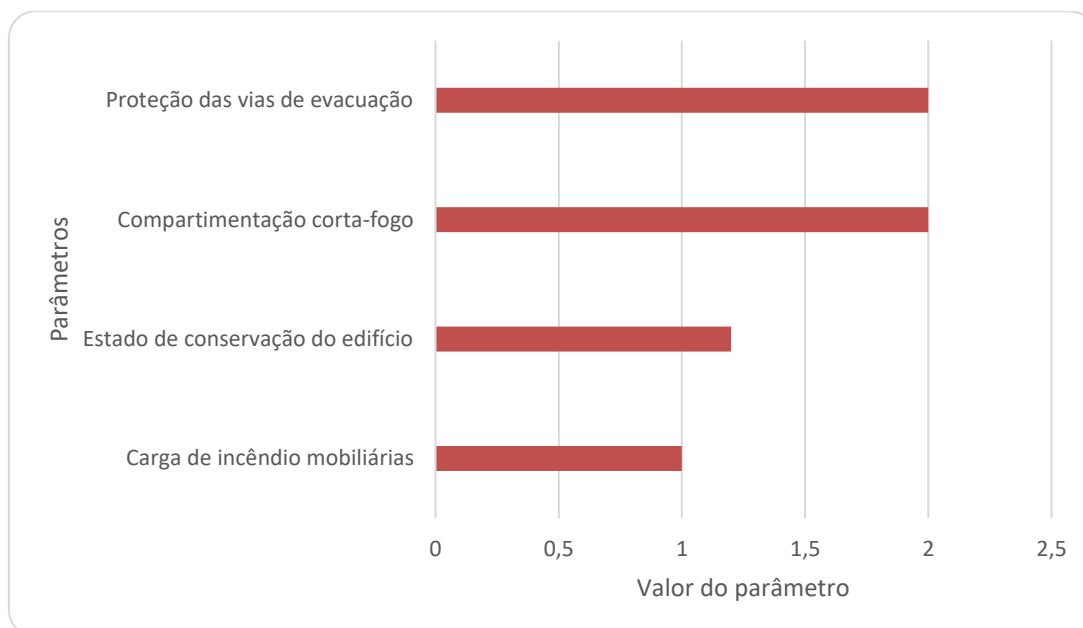


Fonte: Autor.

Já para o método ARICA, tendo como base a Equação 3, valores de parâmetros mais altos expressaram um índice de risco de incêndio maior, resultando na necessidade de intervenção, pois a probabilidade de ocorrência de um sinistro e seus possíveis danos são maiores. De acordo com o Figura 2, os fatores mais preocupantes para a utilização da madeira foram:

- Proteção das vias de evacuação;
- Compartimentação corta-fogo;
- Estado de conservação do edifício.

Figura 2: Valores dos parâmetros do método ARICA.

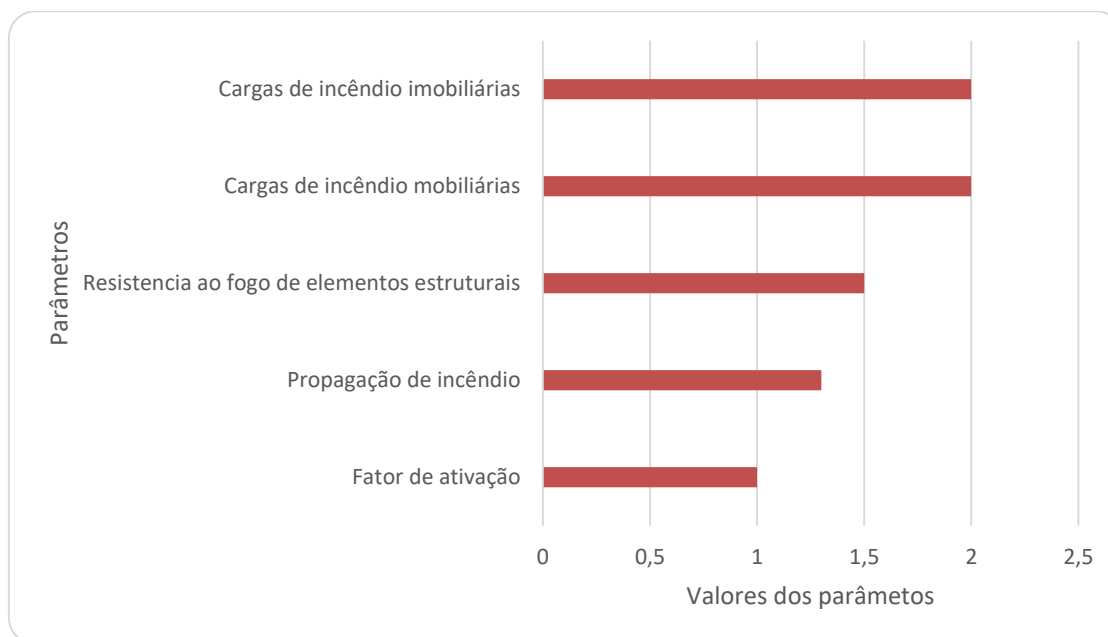


Fonte: Autor.

Para o método FRAME, tendo considerado a Equação 4, os valores de parâmetros mais altos expressam índice de risco de incêndio maior, necessitando de intervenções, pois maiores serão chances de incêndio e danos. De acordo com o Figura 3, os fatores mais agravantes na utilização da madeira foram:

- Cargas de incêndio imobiliárias e mobiliárias;
- Resistência ao fogo de elementos da estruturais;
- Propagação do incêndio.

Figura 3: Valores dos parâmetros do método FRAME.

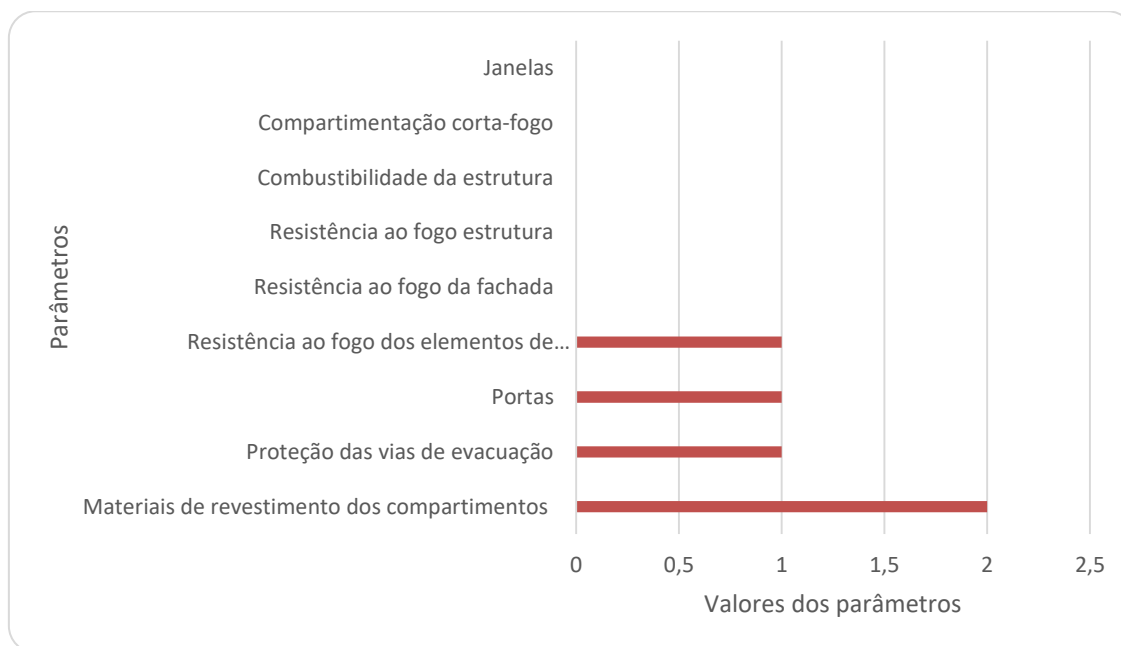


Fonte: Autor.

Por fim, como para o método FRIM sua nota final foi a somatória de todos os índices encontrados para o edifício, valores no intervalo $[0;2,5[$ indicaram índice alto de risco de incêndio, necessitando a tomada de decisões de regularização da estrutura. Já valores no intervalo $[2,5; 5,0]$ apresentam boa segurança contra incêndio. De acordo com o Figura 4, os fatores mais agravantes da utilização da madeira foram:

- Janelas;
- Compartimentação corta-fogo;
- Combustibilidade da estrutura;
- Resistência ao fogo da estrutura;
- Resistência ao fogo da fachada.

Figura 4: Valores dos parâmetros do método FRIM.



Fonte: Autor.

Vale ressaltar que os valores apresentados pelos Figuras 1, 2, 3 e 4 dos métodos de análise foram relativos à verificação da utilização da madeira e têm dentro de seu intervalo de representação os valores que elucidam o maior risco presente da utilização da madeira segundo as metodologias apresentadas para uma edificação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As metodologias internacionais de avaliação de risco de incêndio Gretener, ARICA, FRAME e FRIM conferiram devida importância às propriedades combustíveis da madeira, utilizada nas estruturas, revestimentos, recheios e rotas de evacuação. Esse ponto ficou claro quando os fatores mais agravantes, que as quatro metodologias internacionais apresentaram em semelhança foram: carga de incêndio mobiliária, carga de incêndio imobiliária, resistência ao fogo da estrutura, resistência ao fogo da fachada, compartimentação corta-fogo e combustibilidade.

Devidamente a isso, verificou-se que as metodologias têm grande foco, quando empregadas à madeira, no fator de risco a vida dos ocupantes da edificação, dividindo-se em três principais abordagens. Em primeira via, tentando reduzir o risco de eclosão de um incêndio, tratando da combustibilidade dos elementos utilizados na estrutura e seu recheio.

Já em segundo plano, medindo o risco da proporção que o sinistro pode tomar, calculando sua carga de incêndio, tanto da estrutura como da mobília. Além disso, considerando seu alastramento por meio da compartimentação corta-fogo.

Por fim e mais importante, constatou-se que os métodos Gretener, ARICA, FRAME e FRIM tiveram grande preocupação com a desocupação do ambiente, proteção das rotas de evacuação, materiais empregados em sua estrutura e resistência das fachadas, as quais podem se tornar uma rota de fuga. Fato este, bastante notório e importante, que foi constatado com a pesquisa, devido à possibilidade das precauções contra o surgimento e propagação do incêndio não surtirem o efeito planejado e desejado, sendo, então, necessária a evacuação mais rápida, segura e organizada possível.

Vale ressaltar que a aplicação dos métodos deve ser elaborada de maneira minuciosa pelo profissional responsável, uma vez que demanda de ampla experiência no assunto, pois a interpretação dos métodos e suas respectivas tabelas podem tomar caráter bastante subjetivo, já que a descrição dos componentes e características dos diferentes tipos e elementos de madeira não são especificados detalhadamente, somente lhes são descritas, quando muito, de maneira genérica. Portanto, os métodos de análise internacionais são uma ótima ferramenta para descobrir o risco de incêndio onde há utilização da madeira em uma estrutura e garantir a segurança dos bens materiais, culturais e principalmente a vida de seus ocupantes.

REFERÊNCIAS

AGUILLAR FILHO, Danilo; CALIL JÚNIOR, Carlito. **Combustibilidade e tratamento ignífugo da madeira**. Universidade de São Paulo, São Carlos. Dezembro de 1986.

ALLEMAND, Renato Matrangolo. **O uso de análise de risco quantitativo no auxílio à proteção contra incêndio**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 08, Vol. 08, pp. 05-12, Agosto de 2018.

ALMEIDA, Ana S. G.. **Análise do Risco de Incêndio no Centro Histórico de Viseu. O Caso do Quarteirão da Rua Escura**. Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu. Viseu, Março de 2013.

CUNHA, Diogo V. F. **Análise do Risco de Incêndio de um Quarteirão do Centro Histórico da Cidade do Porto**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto, Janeiro de 2010.

DIAS, Alan. **A Madeira, Uma Excelente Proteção Contra o Fogo**. Blog Estruturas de Madeira. São Paulo, Maio de 2013.

GILL, A. A.; SILVA, V. P. **O Método de Gretener**. Revista Incêndio, São Paulo, n. 71, p. 16 – 21. Fevereiro de 2011.

ISSO. **834-10 Fire resistance tests: elements of building constructions**, International Organization for Standardization. Inglaterra. 2014.

MUCULO, Conceição Pande. **Avaliação de risco de incêndio pelo método ARICA a edifícios no porto**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Outubro de 2013.

PEREIRA, João Pedro M. **Análise do risco de incêndio de uma unidade industrial de fabricação de papel – Grupo Portucel Soporcel**. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, Dezembro de 2015.

SILVA, V. P.; COELHO FILHO, H. S. **Índice de segurança contra incêndio para edificações**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 103-121. Dezembro de 2007.

VALENTIM, Tânia Maria A.. **ANEXO C - Avaliação do Risco de Incêndio por Aplicação do Método GRETENER**. Avaliação do risco de incêndio no núcleo urbano de Aljustrel. Escola Superior de Tecnologia de Tomar. Tomar, outubro de 2014.

VICENTE, R. *et al.* **Avaliação do risco de incêndio em núcleos urbanos antigos**. 2ª Jornadas de segurança aos incêndios urbanos antigos. Coimbra: Universidade de Coimbra. Junho de 2011.