

# ANÁLISE COMPARATIVA DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO

**Bernardete de  
Lourdes Ferreira  
Minervino<sup>1</sup>**  
Doutoranda  
UC - Coimbra

**Cristina Calmeiro  
dos Santos**  
Professora Adjunta  
Instituto Politécnico  
de Castelo Branco

**João Paulo Correia  
Rodrigues**  
Professor  
UC - Coimbra

**Paulo Gustavo von  
Krüger**  
Professor  
UFMG – Belo  
Horizonte/BR

## SUMÁRIO

Análise da aplicação dos métodos de avaliação de risco de incêndio Gretener, FRAME e MARIEE ao edifício sede do Ministério da Infraestrutura e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, situado na zona central de Brasília, na Esplanada dos Ministérios, bloco R, edificação tombada pelo patrimônio histórico nacional. A comparação dos resultados busca avaliar se a aplicação dos métodos é eficiente à realidade arquitetônica e de segurança contra incêndio no Brasil.

**PALAVRAS CHAVE:** Análise de Risco; Incêndio.

## 1. INTRODUÇÃO

As metodologias atualmente empregadas em análise de risco de incêndio incluem diversos instrumentos desenvolvidos para medir, de forma determinística ou por desempenho, o quanto uma edificação está exposta à probabilidade de uma ocorrência deste tipo, ou até mesmo as consequências caso o incêndio venha a ocorrer. A aplicação destes métodos permite um planejamento de investimento em instalação e manutenção dos sistemas de proteção contra incêndio de acordo com o quanto e como se quer proteger uma edificação. No entanto, a grande variedade de métodos disponíveis pode levar a resultados diferentes, dependendo da quantidade e qualidade das informações utilizadas e, até mesmo, da experiência do avaliador. O que levanta uma pergunta: se estas diferenças são significativas para determinar o grau de risco de incêndio de uma edificação ou se comprometem as conclusões sobre a segurança.

---

<sup>1</sup> Bernardete de Lourdes Ferreira Minervino – Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil. Coimbra/Portugal.  
e-mail: [guiwnevere@gmail.com](mailto:guiwnevere@gmail.com) / [bel@minervino.net](mailto:bel@minervino.net)

## **2. DESENVOLVIMENTO**

O presente estudo utilizou três métodos de avaliação de risco de incêndio, aplicando-os a uma mesma edificação de valor histórico, tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN.

### **2.1. Contextualização**

A cidade de Brasília foi fundada em 1960, tendo sido construída em quatro anos para abrigar a nova capital do Brasil. O complexo urbanístico da zona central da cidade foi projetado pelo urbanista Lúcio Costa e os edifícios que compõem o projeto foram criados pelo arquiteto Oscar Niemeyer. A edificação estudada se localiza no Bloco R da Esplanada dos Ministérios, onde, atualmente, estão instalados o Ministério da Infraestrutura e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Na época do projeto e da construção da edificação, no final da década de 1950, ainda não havia legislação de segurança contra incêndio no Brasil. A legislação mais antiga é o Decreto nº 116, de 12 de setembro de 1961<sup>[1]</sup>, que previa apenas que deveria ser apresentado um projeto de instalação contra incêndio e que a administração ouviria o corpo de bombeiros com relação a tal projeto, mas sem nenhuma previsão sobre as exigências de sistemas ou a eficiência dos mesmos. Sendo assim, não foram projetados, inicialmente, sistemas de prevenção ou combate a incêndio para este edifício. Por este motivo, a edificação precisou passar por adaptações ao longo dos anos seguintes, por exigência do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal – CBMDF, entidade governamental responsável pela regulamentação e fiscalização da segurança contra incêndio local.

Ao longo dos últimos 60 anos, algumas medidas de segurança foram instaladas na edificação, conforme ilustrado no diagnóstico (item 2.2). No entanto, tais sistemas foram instalados sem um projeto de incêndio completo aprovado pelo CBMDF. Tal projeto já foi elaborado pelos responsáveis pela edificação, tendo sido aprovado pelo CBMDF em 2018, mas ainda não foi executado, por motivo de atraso nas licitações.

A aplicação dos métodos, neste estudo, foi feita com base nos sistemas que, no momento, estão instalados e em funcionamento na edificação. Não levando em conta as características que estão previstas no projeto de incêndio, mas que ainda não foram devidamente executadas.

### **2.2. Diagnóstico da edificação**

O diagnóstico foi feito com base no levantamento de informações contantes no projeto de incêndio da edificação<sup>[2]</sup>, em vistoria *in loco*<sup>[3]</sup> e em entrevista com o Coordenador de Infraestrutura Predial do Ministério<sup>[4]</sup>.

- Características da edificação  
Dimensões dos pavimentos: 102,50 x 17,85 metros;

Nº de pavimentos: 10 andares acima do nível de descarga e 1 subsolo;  
Pé-direito dos pavimentos: 3,60 metros;  
Altura do último piso habitável: 33,60 metros (cômodo escolhido para análise)

- Características dos materiais de construção
  - Estrutura: paredes, lajes e pilares em concreto, paredes internas em madeira (MDF);
  - Fachada: fachada das laterais menores em concreto e fachadas das laterais maiores de caixilhos metálicos com fechamento em vidro e *brise-soleil* metálico;
  - Acabamento: vidro nas fachadas, madeira para divisórias internas, tinta nas paredes e pilares, MDF no piso das salas e corredores.
- Sistemas de proteção contra incêndio
  - Extintores: presentes e mantidos, dimensionados pela brigada de incêndio, nº de aparelhos acima do exigido em norma. Não obedecem ao projeto de incêndio aprovado;
  - Sinalização: presente, mas fora do padrão exigido em norma, localização incorreta em alguns pontos. Não obedecem ao projeto de incêndio aprovado;
  - Iluminação: presente e mantida. Não obedecem ao projeto de incêndio aprovado;
  - Saídas de emergência: Duas escadas externas do tipo EPPFP<sup>2</sup>, mantida. Obedece ao projeto de incêndio aprovado;
  - Alarme manual: presente e mantido. Obedece ao projeto de incêndio aprovado;
  - Hidrantes de parede: presente e mantido, reserva técnica de 28000 litros de água com sistema pressurizado. Obedece ao projeto de incêndio aprovado;
  - Deteção automática: previsto no projeto de incêndio, mas ainda não foi instalado;
  - Chuveiros automáticos: presente e mantido. Não obedece ao projeto de incêndio aprovado;
  - Proteção contra descargas atmosféricas: presente e mantido. Não obedece ao projeto de incêndio aprovado;
  - Exaustão de fumaça: a edificação não possui nenhum sistema com esta finalidade;
  - Brigada de Incêndio: 5 brigadistas durante o dia e 3 brigadistas durante a noite, 24 horas por dia, todos os dias da semana;
  - PPCI<sup>3</sup>: existente e aprovado pelo CBMDF desde 2014, mas não são feitos treinamentos periódicos com os usuários nem exercício de evacuação.
- Corpo de bombeiros oficial
  - Distância do quartel: 1,90 km;
  - Tempo de chegada dos bombeiros: abaixo de 8 minutos;
  - Equipamentos disponíveis: Viaturas de salvamento e combate a incêndio com mais de 6000 litros de água.
- Características da população da edificação
  - População fixa<sup>4</sup>: 4.363 pessoas
  - População flutuante<sup>5</sup>: 624 pessoas

---

<sup>2</sup> EPPFP: Escada Protegida à Prova de Fumaça Pressurizada.

<sup>3</sup> PPCI: Plano de Prevenção Contra Incêndio (plano que prevê os detalhes da evacuação da edificação em caso de incêndio ou emergência, bem como outras medidas de ação para brigadistas e usuários da edificação).

<sup>4</sup> População que frequenta diariamente a edificação (funcionários e outros usuários regulares).

<sup>5</sup> População que frequenta esporadicamente a edificação (clientes ou outros usuários ocasionais).

Necessidades especiais: Não consta no controle de acesso da edificação, mas há espaço para área de espera dentro da escada pressurizada.

### 2.3. Aplicação do método de Gretener

O método de Gretener é o mais utilizado dentre os métodos considerados neste estudo. Desenvolvido na década de 1960 para aplicação em indústrias, foi posteriormente adaptado para o uso em outros tipos de edificação, como os edifícios utilizados para concentração de público, centros comerciais, de ocupação transitória, de uso hospitalar, de uso escolar, dentre outros.

A utilização parte do princípio de que a edificação obedece a todas as regras de segurança contra incêndio (como isolamento e sistemas de prevenção contra incêndio e de evacuação de pessoas), uma vez que tais medidas não podem ser substituídas nesta avaliação. O método foi aplicado conforme previsto no Manual de Uso do Método de Gretener<sup>[5]</sup>.

A aplicação no Método de Gretener é demonstrada na Figura 1, com os valores atribuídos conforme os parâmetros previstos nas tabelas consultivas, bem como o cálculo do valor final do risco de incêndio admissível para esta edificação.

Para determinar os valores parciais de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo método de Gretener foram necessárias algumas adaptações, dentre as quais:

- O valor do *Fator g* (amplidão de superfície) foi calculado por semelhança de triângulos dentre os valores apresentados na tabela de referência, uma vez que só havia valores especificados para áreas iguais a 1600m<sup>2</sup> e 2000m<sup>2</sup>, mas a área do compartimento é de 1829,625m<sup>2</sup>, levando a um índice de 0,715.
- O valor do *Fator n<sub>3</sub>* (confiabilidade do abastecimento de água) foi estimado de acordo com a pressão prevista no projeto de incêndio de 1 a 4 bar. No entanto, tanto a vazão quanto o volume da reserva técnica de água para este sistema estão abaixo dos valores mínimos previstos na tabela de referência. O método prevê uma diminuição do coeficiente nestes casos, que aumenta consideravelmente o risco previsto no resultado final da análise. Embora o volume real da reserva técnica da edificação esteja abaixo do mínimo previsto pelo método, este ainda atende às exigências normativas locais.
- O valor do *Fator s<sub>3</sub>* (bombeiros oficiais e empresas) foi considerado como se a edificação não tivesse brigada particular na edificação, porque o sistema só considera a brigada se esta for composta por, no mínimo, dez pessoas. A edificação possui brigada particular com cinco brigadistas durante o dia e três brigadistas durante a noite. Esta é uma brigada profissional, preparada para utilizar os sistemas existentes na edificação e presente vinte e quatro horas por dia, inclusive nos finais de semana. No entanto, para atender ao método, esta não pode ser considerada.
- O *Fator s<sub>6</sub>* (instalações automáticas de evacuação de fumaça) possui apenas um valor correspondente à existência do sistema, sem nenhum valor atribuído à ausência do mesmo. Foi preciso estimar o valor de 1 para esta edificação, uma vez que a mesma não possui sistema de exaustão, para evitar interferência no valor final do *coeficiente de medidas especiais S*.

- O valor do *Fator*  $f_4$  foi estimado como sendo igual a 1 para não prejudicar o cálculo final do coeficiente de medidas de construção, uma vez que não existem células corta-fogo, por se tratar de um cômodo com área superior aos 200m<sup>2</sup> previstos na tabela de referência.
- O fator de correção PHE foi estimado como tendo valor igual a 1 para não afetar o cálculo final do *risco de incêndio admissível*  $P_{H,E}$ , uma vez que não há a previsão de prédios de escritórios administrativos na tabela de referência.

TABELA DE CÁLCULO DO MÉTODO GREENER					
Características da Edificação					
Edificação	Ministério da Infraestrutura/Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação				
Destinação	serviços profissionais: escritórios				
Tipo de compartimentação					V
Dimensionamento do prédio					
		comprimento (maior dimensão)	l	=	102,5
		largura (menor dimensão)	b	=	17,85
		relação comprimento:largura	l/b	=	5,71 > 1
		área em (m <sup>2</sup> )	área	=	1829,625
		carga incêndio (MJ/m <sup>2</sup> )	Qm	=	800
Perigos Potenciais					
Conteúdo da Edificação	fator q	carga incêndio mobiliária	q	=	1,4
	fator c	combustibilidade	c	=	1,2
	fator r	enfumaçamento	r	=	1
	fator k	corrosão / toxicidade	k	=	1
	valor total do perigo inerente ao conteúdo				=
Tipo de Construção	fator i	carga incêndio imobiliária	i	=	1
	fator e	nível do piso	e	=	1,9
	fator g	amplidão da superfície	g	=	0,715
	valor total do perigo inerente ao tipo de construção				=
Valor total do perigo potencial				P	= 2,28228
Medidas Contra o Desenvolvimento do Incêndio					
Medidas Normais	fator n1	extintores portáteis	n1	=	1
	fator n2	hidrantes internos	n2	=	1
	fator n3	confiabilidade do abastecimento de água	n3	=	0,7
	fator n4	conduta de alimentação	n4	=	1
	fator n5	peçoal instruído	n5	=	1
Valor do coeficiente de medidas normais				N	= 0,7
Medidas Especiais	fator s1	detecção de incêndio	s1	=	1,2
	fator s2	transmissão e alerta	s2	=	1,1
	fator s3	bombeiros oficiais e empresas	s3	=	1,9
	fator s4	tempo de intervenção dos bombeiros oficiais	s4	=	1
	fator s5	instalações de extinção	s5	=	1,7
	fator s6	instalações automáticas de evacuação de calor e fu	s6	=	1
Valor do coeficiente de medidas especiais				S	= 4,2636
Medidas de Construção	fator f1	estrutura resistente	f1	=	1,3
	fator f2	fachadas	f2	=	1
	fator f3	lajes	f3	=	1,1
	fator f4	células corta-fogo	f4	=	1
Valor do coeficiente de medidas de construção				F	= 1,43
fator de exposição ao perigo				B	= 19,878489
perigo de ativação				A	= 0,85
risco efetivo de incêndio				R	= 16,896716
fator de correção				PHE	= 1
risco de incêndio admissível				Ru	= 1,3
VALOR DO FATOR GLOBAL DE SEGURANÇA				$\gamma$	= 0,076938

Figura 1: Tabela de cálculo do Método de Greener aplicado à edificação.

O método de Greener foi aplicado e obteve um resultado de  $\gamma = 0,076938$ . De acordo com o previsto no próprio método, resultados com valores abaixo de 1 indicam uma edificação insegura com relação à segurança contra incêndio.

## 2.4. Aplicação do método FRAME

O método FRAME (*Fire Risk Assessment Method for Engineering*) foi desenvolvido na década de 1980, pelo engenheiro Erik De Smet, para ser aplicado em qualquer tipo de edificação. O método leva em consideração três tipos de risco: 1) a edificação propriamente dita e seu conteúdo; 2) a população que a utiliza (ocupantes); e 3) a atividade desenvolvida na edificação. Cada um dos três riscos é analisado separadamente, considerando que o pior cenário em um incêndio pode ser diferente para a estrutura, para as pessoas e para a atividade desenvolvida.

A aplicação deste método para a edificação objeto deste estudo foi realizada conforme previsto no manual do usuário, elaborado pelo próprio autor do método<sup>[6]</sup>. Os valores considerados no cálculo são demonstrados na Figura 2.

Para determinar os valores parciais de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo método FRAME, também foram necessárias algumas adaptações. Durante a aplicação foram identificados muitos parâmetros que precisaram ser interpretados por não ter uma previsão exata nas tabelas de referência, dentre os quais:

- O valor do *Subfator*  $a_5$  foi considerado como sendo zero para não afetar o cálculo do valor do *Fator de ativação*  $a$ , uma vez que não há previsão de não existência de atividades secundárias na tabela de referência.
- O *Valor do conteúdo*  $c$  teve que ser estimado pelo preço de mercado de móveis, considerando a montagem de um escritório para 437 pessoas por andar, conforme a população fixa existente.
- O *Subfator*  $w_2$  foi considerado como sendo 4, que indica uma reserva técnica mais de 30% menor do que o ideal. A determinação deste valor foi feita considerando que método traz o seu próprio cálculo de volume ideal, que resultou em 100m<sup>3</sup> para esta edificação. No entanto, a mesma possui uma reserva com volume de 28m<sup>3</sup>, que atende às exigências normativas locais.
- O *Subfator*  $w_3$  foi considerado como zero, que indica uma rede de distribuição adequada, embora o diâmetro da tubulação existente (50mm) seja menor do que o mínimo previsto na tabela (80mm). O parâmetro, ao se referir a uma tubulação adequada, deixa margem para interpretar que pode ser considerada adequada aquela que estiver de acordo com as exigências normativas locais.
- O valor do *Subfator*  $u_1$  foi considerado como zero, uma vez que não há sistema de detecção automática na edificação e o sistema de chuveiros automáticos não está presente em todos os lugares.

Os cálculos dos três tipos de risco levam em conta o perigo potencial existente frente ao risco considerado aceitável e ao nível de proteção. Valores de risco menores do que 1, nestes casos, indicam que o perigo potencial é menor do que a combinação do risco aceitável com o nível de proteção.

Os resultados do cálculo de risco para bens patrimoniais  $R = 0,441$ , de risco para os ocupantes  $R1=0,756$  e de risco para a atividade desenvolvida  $R2=0,589$  demonstram que, isoladamente, a edificação está segura.

TABELA DE APLICAÇÃO DO MÉTODO FRAME				
carga incêndio mobiliária	$Q_i$	0	volume ideal do reservatório de água (em m <sup>3</sup> )	$100$
carga incêndio mobiliária	$Q_m$	400	subfator w2: capacidade do reservatório de água	w2 4
subfator T	$T$	100	subfator w3: rede de distribuição de água	w3 0
subfator m	$m$	0,3	subfator w4: pressão na rede de distribuição	w4 0
subfator M	$M$	0	n° total de hidrantes	4
comprimento equivalente (em metros)	$l$	102,5	diâmetro da tubulação de hidrantes	58mm
largura equivalente (em metros)	$b$	17,85	n° de hidrantes equivalentes a 70mm	4
número de andares	$E$	9	distância média entre hidrantes	<b>60,175</b>
altura do pé direito do cômodo (em metros)	$h$	3,6	subfator w5: distribuição de hidrantes	w5 1
área de janelas no terço superior das paredes do cômodo		0	subfator n1: alarme	n1 0
área total da superfície do cômodo		1829,625	subfator n2: meios de primeira intervenção	n2 0
coeficiente de ventilação	$k$	0	subfator n3: tempo de chegada do corpo de bombeiros	n3 0
n° de vias de acesso	$Z$	2	subfator n4: treinamento dos ocupantes	n4 2
altura do cômodo em metros acima do nível de descida	$H+$	33,6	subfator s1: detecção automática	s1 4
altura do cômodo em metros abaixo do nível de descida	$H-$	3,6	subfator s2: reservas de água	s2 2
subfator a1: atividades principais	$a1$	0	subfator s3: proteção automática do cômodo	s3 14
subfator a2: instalações de aquecimento	$a2$	0	subfator s4: corpo de bombeiros	s4 14
subfator a3: instalações elétricas	$a3$	0,1	subfator fs: elementos estruturais (em minutos)	fs 60
subfator a4: risco de explosão	$a4$	0	subfator ff: elementos de fachada (em minutos)	ff 30
subfator a5: atividades secundárias	$a5$	0	subfator fd: elementos de cobertura (em minutos)	fd 60
subfator X: densidade populacional	$X$	498,7	subfator fw: paredes internas (em minutos)	fw 0
somatório da largura das saídas (-0,20m para cada um)		1,2	resistência ao fogo média do cômodo	$f$ 45
subfator x: largura de saída	$x$	2	subfator u1: detecção automática	u1 0
subfator p: mobilidade	$p$	1	subfator u2: meios de evacuação	u2 8
subfator K: n° de rotas de saída	$K$	2	subfator u3: compartimentação do cômodo	u3 0
valor monetário do recheio (em euros)		5040258,1	subfator u4: proteção por sprinklers	u4 10
subfator c1: substituição de bens armazenados	$c1$	0	subfator u5: brigadistas	u5 8
subfator c2: capacidade de substituição de valores	$c2$	-0,035661316	subfator y1: proteção física	y1 2
subfator w1: tipo de reservatório de água	$w1$	0	subfator y2: organização	y2 0
<b>Cálculos do Risco de Incêndio</b>				
<b>Risco para os bens patrimoniais</b>				
fator de carga calorífica	$g$	1,184706661	Perigo Potencial	$P$ 2,078439789
fator de propagação	$i$	0,952287875	Risco Aceitável	$A$ 0,999572872
fator de geometria horizontal	$g$	0,88836039	Nível de Proteção	$D$ 4,709306823
fator de andares	$e$	1,730086963	Risco para os bens patrimoniais	$R$ 0,441535879
fator de ventilação	$v$	1,100205999	<b>Risco para os ocupantes</b>	
fator de acessibilidade para um cômodo acima do nível	$z$	1,0895	Perigo Potencial	$P1$ 2,339635819
fator de acessibilidade para um cômodo abaixo do nível	$z$	1	Risco Aceitável	$A1$ 0,963911556
fator de ativação	$a$	0,1	Nível de Proteção	$D1$ 3,208994601
fator de tempo	$t$	0,536088444	Risco para os ocupantes	$R1$ 0,756383573
fator de recheio	$c$	-0,035661316	<b>Risco para a Atividade Desenvolvida</b>	
fator de dependência	$d$	0,8	Perigo Potencial	$P2$ 1,754391916
fator de ambiente	$r$	0	Risco Aceitável	$A2$ 0,735661316
fator de recursos de água	$W$	0,773780938	Nível de Proteção	$D2$ 4,04464122
fator de recursos de proteção normal	$N$	0,9025	Risco para a Atividade Desenvolvida	$R2$ 0,589615232
fator de recursos de proteção especial	$S$	5,253347969	<b>Risco Inicial</b>	
fator de resistência ao fogo	$F$	1,283676472	Risco Inicial	$R0$ 1,322631336
fator de evacuação	$U$	3,555672688		
fator de salvamento	$Y$	1,1025		
resistência da estrutura	$F0$	1,57211452		

Figura 2: Tabela de cálculo do Método FRAME aplicado à edificação.

O método também prevê o cálculo do risco inicial da estrutura  $R_0$ , que considera o risco ao qual a edificação está exposta permanentemente, independente de estar ou não em uso, durante o funcionamento ou no período em que se encontra fechada. Este risco mostra o estado inicial e leva em consideração o valor do perigo potencial em relação ao risco aceitável e à resistência da estrutura em si.

O cálculo resultou em  $R_0=1,322631336$ . De acordo com o previsto no próprio método, resultados com valores entre 1 e 1,6 indicam que é preciso implementar sistemas automáticos de detecção, para possibilitar uma ação rápida da brigada de incêndio ou do corpo de bombeiros, bem como adicionar proteção para os ocupantes e para as atividades desenvolvidas.



## 2.5. Aplicação do método MARIEE

O Método MARIEE (Método de Avaliação de Risco de Incêndio em Edifícios Existentes) foi desenvolvido em 2014, tendo como base o MARIE&FEUP, e avançou por considerar também os fenômenos físicos do fogo e da combustão para analisar o risco de incêndio e as consequências previsíveis. O método é baseado na análise de quatro fatores globais: 1) Probabilidade da ocorrência de incêndio (POI); 2) Consequências totais do incêndio (CTI); 3) Desenvolvimento e propagação do incêndio (DPI); e 4) Eficácia de socorro e combate a incêndio (ESCI).

Um importante diferencial do método MARIEE é que ele não parte do princípio de que a edificação possui todos os sistemas de prevenção e combate a incêndio previstos na legislação local, prevendo, inclusive, parâmetros para quando há o descumprimento das normas ou quando não existe o sistema de segurança contra incêndio.

<b>PLANILHA DE CÁLCULO DO MÉTODO MARIEE</b>		
<b>Probabilidade de ocorrência de incêndio - POI</b>		
Caracterização da Construção	POI <sub>CC</sub>	1
Instalações Elétricas	POI <sub>EE</sub>	1,2
Instalações de Aquecimento	POI <sub>IA</sub>	
Instalação de Confeção de Alimentos	POI <sub>ICONFA</sub>	
Instalações de Conservação de Alimentos	POI <sub>ICONSA</sub>	
Instalações de Ventilação e Condicionamento de Ar	POI <sub>IVCA</sub>	1
Instalações de Líquidos e Gases Combustíveis	POI <sub>ILGC</sub>	
Edifícios Fronteiros	POI <sub>EF</sub>	
Atividade desenvolvida na edificação	POI <sub>EA</sub>	
Procedimentos e Planos de Prevenção	POI <sub>PPP</sub>	1
Atividade desenvolvida na edificação	POI <sub>ATIV</sub>	1
<b>Fator Global de Probabilidade de Ocorrência de Incêndio</b>	<b>POI</b>	<b>1,04</b>
<b>Consequências Totais do Incêndio - CTI</b>		
Consequências Parciais do incêndio associadas à Potência Calorífica liberada no cenário	CPI <sub>CIP</sub>	1,1
Consequências parciais do incêndio associadas à fumaça produzida no cenário	CPI <sub>CIF</sub>	0,9
Consequências parciais de incêndio associadas à reação ao fogo dos materiais de revestimento no cenário	CPI <sub>CIRM</sub>	1,15
Consequências do incêndio associadas ao cenário	CPI <sub>CI</sub>	1,05
consequências parciais associadas às vias horizontais de evacuação	CPI <sub>VHE</sub>	
consequências parciais associadas às vias verticais de evacuação	CPI <sub>VVE</sub>	
<b>Fator Global de Consequências Totais do Incêndio</b>	<b>CTI</b>	<b>0,35</b>
<b>Desenvolvimento e Propagação do Incêndio - DPI</b>		
Proteção, resistência, estanqueidade e isolamento dos locais	DPI <sub>REIL</sub>	1,4
Estanqueidade e isolamento das paredes e portas do local de	DPI <sub>EI</sub>	1
Afastamento entre vãos exteriores da mesma prumada	DPI <sub>AV</sub>	1
Paredes Exteriores	DPI <sub>PE</sub>	1,05
Organização da Gestão de Segurança	DPI <sub>OCS</sub>	1
	<b>DPI</b>	<b>1,09</b>
<b>Fator de eficácia de Socorro e Combate a Incêndio - ESCI</b>		
Prontidão dos bombeiros	ESCI <sub>GP</sub>	1,1
Acesso ao edifício	ESCI <sub>AE</sub>	1,1
Hidrantes Exteriores	ESCI <sub>HE</sub>	1
Extintores	ESCI <sub>EXT</sub>	0,8
Rede de incêndio armada (hidrantes de parede)	ESCI <sub>RIA</sub>	1
Corpo Privado de bombeiros (brigada de incêndio particular)	ESCI <sub>CPB</sub>	1
	<b>ESCI</b>	<b>1</b>
<b>Risco de Incêndio</b>		
Probabilidade de ocorrência	P	1,04
Gravidade	G	0,3563
<b>Risco de Incêndio</b>	<b>RI</b>	<b>0,37055</b>

Figura 3: Tabela principal de cálculo do método MARIEE aplicado à edificação.



O método foi aplicado conforme previsto na pesquisa de Correia<sup>[7]</sup>, que aprimorou a aplicação do mesmo em sua dissertação de mestrado na Universidade do Porto/PT. Os valores considerados no cálculo são apresentados na Figura 3.

Assim como ocorreu com os dois métodos utilizados anteriormente, foi preciso fazer interpretação de alguns parâmetros de referência para avaliar a edificação e houve também problemas de adaptação com algumas fórmulas de cálculo referentes ao comportamento da fumaça nas vias de evacuação de pessoas, dentre as quais:

- O cálculo da probabilidade de ocorrência de incêndio (POI) leva em conta onze fatores que indicam as características da edificação (estruturais, outras edificações adjacentes, sistemas e aparelhos instalados devido à atividade desenvolvida, dentre outros). Estes parâmetros são tabelados, mas as definições são vagas, geralmente prevendo apenas se os sistemas existem e se atendem a legislação vigente, sem muito detalhamento sobre as condições de uso e manutenção.
- O *Fator CPI<sub>CF</sub>* é definido pela razão entre o limite associado ao volume de fumaça e o tempo de percurso até a saída do cômodo incendiado. Mas não há previsão na tabela de referência para situações em que esta razão tem valor maior do que 4, como foi o caso da edificação objeto deste estudo.
- Algumas fórmulas de cálculo não puderam ser aplicadas exatamente como previsto no método porque a edificação em estudo não possui vias horizontais de evacuação (VHE) e as vias verticais de evacuação (VVE) são protegidas e pressurizadas. Foram feitas adaptações de valores para não comprometer o resultado do risco de incêndio RI.

O método MARIEE foi aplicado e obteve o resultado de  $RI = 0,370552$ . De acordo com o previsto no próprio método, resultados com valores menores do que 1 indicam que a edificação tem um índice de segurança melhor ou mais eficiente do que o legalmente exigido.

### 3. CONCLUSÃO

Os resultados finais da análise de risco de incêndio feita por meio de três métodos diferentes mostraram resultados conflitantes. A aplicação do método de Gretener indicou que a edificação é bastante insegura, uma vez que o valor encontrado corresponde a menos de 10% do índice ideal. A aplicação do método FRAME indicou que a edificação precisa de aprimoramento da segurança contra incêndio, mas os resultados não foram tão baixos quanto os do método Gretener, ainda mais se forem considerados os valores parciais dos riscos para o patrimônio, as pessoas e a atividade desenvolvida. No entanto, a aplicação do método MARIEE, que é mais detalhado do que os anteriores e leva em consideração aspectos como a evolução do incêndio, o comportamento da fumaça e o tempo em que a rota de fuga continua segura para a evacuação de pessoas, indicou que a edificação tem um nível de segurança melhor do que o legalmente exigido.

As diferenças entres os resultados pode ser consequência dos parâmetros diferentes valorizados por cada método. O Gretener e o FRAME focam na estrutura da edificação e nos sistemas de detecção e combate a incêndio presentes. Já o MARIEE leva em consideração a

compartimentação dos ambientes e o comportamento da fumaça, visando a proteção das pessoas e a garantia de uma evacuação segura.

A edificação objeto deste estudo é composta por grandes vãos que ocupam o pavimento inteiro, uma vez que as paredes e divisórias internas não oferecem qualquer resistência à propagação do incêndio, sendo, inclusive, inflamáveis (paredes de MDF). No entanto, devido a modificações posteriores à construção, foram instaladas duas escadas externas com ventilação positiva (pressurização), que impedem a entrada de fumaça neste ambiente, garantindo uma fuga segura dos ocupantes. Este foi o fator que aumentou a segurança na análise feita pelo método MARIEE, uma vez que este é o único dos três que dá grande peso às vias de evacuação de pessoas.

As edificações brasileiras seguem regras nacionais de construção e de segurança contra incêndio que divergem, em muitos pontos, da legislação europeia. Isto ficou claro, principalmente, no que diz respeito ao sistema de hidrantes de parede e às exigências de brigada de incêndio. Este é um fator importante a ser considerado para aplicação de metodologias com parâmetros internacionais ao Brasil.

Para que tais métodos de avaliação sejam eficientemente aplicados no Brasil, os critérios precisam ser adaptados à realidade e à legislação local. Ao respeitar os objetivos e a metodologia, mas adequando os fatores de especificação, é possível aplicar tais métodos para avaliar o risco de incêndio das edificações brasileiras e contribuir para o aprimoramento da segurança contra incêndio no país.

## REFERÊNCIAS

- [1] Distrito Federal. - *Decreto nº 116, de 12 de setembro de 1961*. Brasília/DF. 1961.
- [2] Costa, Ártemis Sandra Borges Nunes. - *Projeto de Instalações Contra Incêndio e Pânico*. EMI/N Bloco R – Ministério das Comunicações. Protocolo 37059 de 26 de maio de 2017. Parecer de Aprovação nº 4553170, de 16 de janeiro de 2018. CAU: A85312-7. 18 pranchas.
- [3] Vistoria *in loco* realizada pela autora no dia 19 de fevereiro de 2021. Esplanada dos Ministérios, Bloco R.
- [4] Entrevista realizada com o Sr. Juliano Borges de Freitas, Coordenador de Infraestrutura Predial do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, em 19 de fevereiro de 2021. Contato: juliano.freitas@mctic.gov.br
- [5] Universidade de Coimbra. *Manual de Uso do Método Gretener*. Material disponibilizado na disciplina de Modelação de Evacuação e Risco de Incêndio, do Curso de Doutoramento em Engenharia de Segurança ao Incêndio. Coimbra/Portugal. 2019.
- [6] De Smet Erik. *FRAME 2011 - Manual para o usuário*. - Gent/Bélgica : [s.n.], 2011.
- [7] Correia, André Gomes Ferreira Araújo. *Desenvolvimento e Implementação Numérica de um Modelo de Análise de Risco de Incêndio Urbano - MARIEE - Edifícios Administrativos, Escolares, Habitacionais, Hospitalares e Hoteleiros*. - Porto/PT : FEUP - Universidade do Porto, 2014.