

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil

Luiz Henrique Ferreira

**Análise de Risco de Incêndio em Edificações Históricas.
Estudo de Caso do Conjunto de Edificações da Igreja São
Pedro dos Clérigos, em Mariana - MG**

Ouro Preto

2019

Análise de Risco de Incêndio em Edificações Históricas. Estudo de Caso do
Conjunto de Edificações da Igreja São Pedro dos Clérigos, em Mariana - MG

Luiz Henrique Ferreira

Monografia de conclusão de curso para
obtenção do grau de Engenheiro Civil na
Universidade Federal de Ouro Preto,
defendida e aprovada em 03 de
Dezembro de 2019 como parte dos
requisitos para a obtenção do Grau de
Engenheiro Civil.

Área de concentração: Segurança Contra Incêndio em Edificações Históricas

Orientadora: Prof.^a D.Sc. Ana Letícia Pilz de Castro – UFOP

Ouro Preto

2019

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F383a Ferreira, Luiz Henrique .

Análise de risco de incêndio em edificações históricas. Estudo de caso do Conjunto de Edificações da Igreja São Pedro dos Clérigos, em Mariana - MG. [manuscrito] / Luiz Henrique Ferreira. - 2020.

82 f.: il.: color., gráf., tab.. + Planta baixa.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Letícia Pilz de Castro.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas.

1. Patrimônio cultural - Prevenção de incêndios. 2. Edifícios históricos. 3. Incêndios - Avaliação de riscos. 4. Edifícios históricos - Incêndios e prevenção de incêndios. I. de Castro, Ana Letícia Pilz. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB: 1716

Análise de Risco de Incêndio em Edificações Históricas. Estudo de Caso do
Conjunto de Edificações da Igreja São Pedro dos Clérigos, em Mariana - MG

Luiz Henrique Ferreira

Monografia de conclusão de curso para
obtenção do grau de Engenheiro Civil na
Universidade Federal de Ouro Preto,
defendida e aprovada em 03 de
Dezembro de 2019 como parte dos
requisitos para a obtenção do Grau de
Engenheiro Civil. Banca examinadora:



Orientadora: Prof.^a D.Sc. Ana Leticia Pilz de Castro – UFOP



Membro: Prof. D.Sc. Carlos Eduardo Ferraz de Mello – UFOP



Membro: Prof.^a M.Sc. Maria Luíza Teófilo Gandini – UFOP

AGRADECIMENTOS

À minha família, por me apoiar e me ajudar em tudo o que precisei até o presente momento.

À professora Ana Letícia Pilz de Castro, pelos ensinamentos transmitidos e pela disponibilidade e dedicação durante o período de orientação deste trabalho.

A todos os professores que fizeram parte da minha trajetória na UFOP, pelos valores e ensinamentos transmitidos.

A todos os colegas de graduação, pelos momentos compartilhados e pelo apoio recebido durante o período de graduação.

Ao Padre da Paróquia de Nossa Senhora da Conceição, Pe. Luiz, à advogada da Cúria, Ana Clara, ao Padre da Igreja de São Pedro dos Clérigos, Pe. José Carlos, e à todos os funcionários do conjunto de edificações da Arquidiocese de Mariana, pelo auxílio e pela disponibilidade.

Ao Engenheiro César Augusto Figueiredo, pelo auxílio, pela disponibilidade e pelos ensinamentos transmitidos sobre o tema apresentado neste trabalho.

RESUMO

O incêndio é um fenômeno em que a propagação descontrolada do fogo é capaz de provocar danos sociais, culturais, artísticos e econômicos. Edifícios históricos frequentemente apresentam características que os tornam vulneráveis a incêndios e, por esse motivo, é essencial a adoção de medidas que tenham como objetivo a prevenção e o combate a incêndio e que levem em consideração as particularidades de edificações antigas. O presente trabalho tem como objetivo evidenciar a importância da realização, nos projetos de segurança contra incêndios, de uma análise de risco de incêndio da edificação, sobretudo nas edificações históricas, para auxiliar o projetista na escolha das melhores medidas de segurança a serem adotadas com o objetivo de reduzir o risco de incêndio a um nível aceitável. Neste trabalho, o método de análise global de risco de incêndio em sítios históricos, desenvolvido pelo Prof. Antônio Maria Claret Gouveia é aplicado em um conjunto de edificações formado pela Igreja São Pedro dos Clérigos, o Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira e o Seminário Nossa Senhora da Assunção, em Mariana, Minas Gerais. A partir da análise de risco de incêndio feita, foi possível concluir que há necessidade de adoção de mais medidas de segurança nas edificações estudadas. Por fim, foi proposto um conjunto de medidas de segurança suficientes para satisfazer o critério de segurança e permitir que haja uma probabilidade máxima aceitável de ocorrência de um incêndio nesse conjunto de edificações.

Palavras-chaves: Incêndio, Edifícios Históricos, Análise de Risco de Incêndio, Segurança Contra Incêndio.

ABSTRACT

Fire is a phenomenon in which the uncontrolled spread of fire is capable of causing social, cultural, artistic and economic damage. Historic buildings often have features that make them vulnerable to fire, and it is therefore essential to take measures to prevent and combat fire and to take into account the particularities of old buildings. The present work aims to highlight the importance of carrying out, in fire safety projects, a fire risk analysis of the building, especially in historical buildings, to assist the designer in choosing the best safety measures to be adopted in order to reduce the risk of fire to an acceptable level. In this work, the method of global fire risk analysis in historical sites, developed by Prof. Antônio Maria Claret Gouveia is applied to a set of buildings formed by the São Pedro dos Clérigos Church, the Dom Oscar de Oliveira Ecclesiastical Archive and the Nossa Senhora da Assunção Seminary in Mariana, Minas Gerais. From the fire risk analysis made, it was possible to conclude that there is a need to adopt more safety measures in the studied buildings. Finally, a set of sufficient safety measures has been proposed in order to meet the safety criterion and allow for a maximum acceptable probability of a fire occurring in this set of buildings.

Keywords: Fire, Historical Buildings, Fire Risk Analysis, Fire Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Triângulo do fogo	7
Figura 2 – Tetraedro do fogo	8
Figura 3 – Curva de desenvolvimento de um incêndio compartimentado	9
Figura 4 – Descrição do incêndio pelo modelo de duas camadas	10
Figura 5 – Igreja São Pedro dos Clérigos, em Mariana - MG	43
Figura 6 – Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira, em Mariana - MG	43
Figura 7 – Seminário Nossa Senhora da Assunção, em Mariana - MG	44
Figura 8 – Planta de Situação do Conjunto de Edificações da Igreja São Pedro dos Clérigos, em Mariana - MG	45
Figura 9 – Aparelhos extintores encontrados na Igreja São Pedro dos Clérigos (a) e no Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira (b), em Mariana - MG	48
Figura 10 – Hidrante (tampa fechada (a) e tampa aberta (b)) encontrado na Praça São Pedro, em Mariana - MG	49
Figura 11 – Placas de sinalização das saídas de emergência (a) e rotas de fuga (b) encontradas no Seminário Nossa Senhora da Assunção, em Mariana - MG	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Poder calorífico de materiais	12
Tabela 2 – Poder calorífico de objetos comuns	13
Tabela 3 – Resistência ao fogo de paredes de alvenaria	15
Tabela 4 – Porcentagens de áreas não protegidas	18
Tabela 5 – Cargas de incêndio típicas de elementos construtivos de edificações situadas em sítios históricos	20
Tabela 6 – Parâmetros e fatores de risco	23
Tabela 7 – Densidade de carga de incêndio e fatores de risco	24
Tabela 8 – Altura do compartimento e fatores de risco	25
Tabela 9 – Distância do Corpo de Bombeiros e fatores de risco	26
Tabela 10 – Condições de acesso à edificação e fatores de risco	27
Tabela 11 – Perigo de generalização e fatores de risco	28
Tabela 12 – Importância específica da edificação e fatores de risco	29
Tabela 13 – Medidas sinalizadoras e fatores de segurança	32
Tabela 14 – Medidas extintivas e fatores de segurança	33
Tabela 15 – Medidas de infraestrutura e fatores de segurança	33
Tabela 16 – Medidas estruturais e fatores de segurança	34
Tabela 17 – Medidas políticas e fatores de segurança	35
Tabela 18 – Caracterização das ocupações e fatores de risco de ativação	37
Tabela 19 – Grupos de ocupação e fatores de risco de ativação	37
Tabela 20 – Risco de ativação devido à falha humana e fatores de risco de ativação	38
Tabela 21 – Qualidade das instalações elétricas e de gás e fatores de risco de ativação	39

Tabela 22 – Risco de ativação devidos a fenômenos naturais e fatores de risco de ativação	40
Tabela 23 – Memória de cálculo	55

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBMMG – Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

CBMSP – Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo

IEPHA – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IT – Instrução Técnica

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

SI – Sistema Internacional

UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*
(Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo	3
1.1.1	Objetivos Específicos	3
1.2	Justificativa	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Estudo do Fogo	7
2.1.1	Etapas de Desenvolvimento de um Incêndio	8
2.1.2	Descrição de um Incêndio pelo Modelo de Duas Camadas	10
2.2	Conceitos Básicos	11
2.2.1	Poder Calorífico e Carga de Incêndio	11
2.2.2	Densidade de Carga de Incêndio	13
2.2.3	Perigo e Risco de Incêndio	14
2.2.4	Resistência ao Fogo	14
2.2.5	Compartimentação	16
2.2.6	Classificação das Edificações quanto à sua Ocupação	16
2.2.7	Classificação das Edificações quanto ao Volume do Compartimento Incendiado	17
2.2.8	Áreas Não Protegidas Externas	18
2.3	Levantamento das Cargas de Incêndio	18
3	ANÁLISE GLOBAL DE RISCO DE INCÊNDIO	21
3.1	Exposição ao Risco	21
3.1.1	Parâmetros e Fatores de Risco	22

3.2	Segurança Contra Incêndio	30
3.2.1	Medidas e Fatores de Segurança	30
3.3	Risco de Ativação	35
3.3.1	Riscos de Ativação decorrentes da Atividade Humana	36
3.3.2	Risco de Ativação devido a Qualidade das Instalações Elétricas e de Gás	38
3.3.3	Risco de Ativação devido a Fenômenos Naturais	39
3.4	Risco Global de Incêndio	40
3.5	Coeficiente de Segurança Contra Incêndio	41
4	ESTUDO DE CASO	42
4.1	Conjunto de Edificações da Igreja São Pedro dos Clérigos em Mariana - MG	42
4.2	Análise Global de Risco de Incêndio	45
4.2.1	Exposição ao Risco	45
4.2.2	Segurança Contra Incêndio	47
4.2.3	Risco de Ativação	51
4.2.4	Risco Global de Incêndio	53
4.2.5	Coeficiente de Segurança	53
4.3	Análise dos Resultados	54
4.4	Memória de Cálculo	545
5	CONCLUSÃO	58
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	58
	REFERÊNCIAS	59

APÊNDICE A	61
A.1 Levantamento de Cargas de Incêndio	61
A.2 Cálculo das Densidades de Carga de Incêndio	62
ANEXO I	63
I.1 Classificação das Edificações quanto à sua Ocupação	63

1 INTRODUÇÃO

Segundo Gouveia (2006), o incêndio pode ser definido como a propagação rápida e violenta do fogo, sem o controle humano, capaz de gerar danos a objetos, a edificações e ao meio ambiente, assim como perdas humanas. Um incêndio pode ser causado por vários motivos, dentre eles uma falha humana involuntária, instalações elétricas defeituosas, uma descarga atmosférica e até mesmo devido a uma ação criminosa. Uma vez iniciado, pode provocar perdas sociais, culturais, artísticas, econômicas e ambientais.

Comumente, quando se pensa em ações a serem tomadas em caso da ocorrência de um incêndio, a principal preocupação é a segurança dos ocupantes. Porém, também é necessário dar importância a objetos e edifícios que pelo seu valor arquitetônico, histórico, artístico ou simbólico são de extrema relevância para o povo de uma cidade, um país ou até para a humanidade. Dessa forma, destaca-se a importância de serem tomadas medidas para a preservação e proteção contra incêndio dos edifícios históricos e seu acervo.

Edifícios históricos frequentemente apresentam características que os tornam vulneráveis a incêndios. Em construções antigas, como as edificações do período colonial brasileiro, é comum o uso de piso e cobertura de madeira. A maioria dos projetos desses edifícios não previam instalações elétricas ou instrumentos de prevenção ou proteção contra incêndio. Ainda, as condições topográficas do local e a arquitetura do edifício histórico são fatores que precisam ser considerados. A cidade de Mariana, tombada pelo seu valor histórico, apresenta, por exemplo, características como ruas estreitas e sinuosas, terreno acidentado, casas geminadas e grande parte dos edifícios históricos apresentam apenas uma fachada de acesso.

No Brasil, o recente incêndio ocorrido no Museu Nacional, no Rio de Janeiro, provocou perdas inestimáveis ao patrimônio histórico-cultural do país e evidenciou a necessidade de serem tomadas ações de prevenção e proteção do patrimônio contra incêndios. Anos antes do incêndio, a partir de inspeções feitas ao museu, foram constatadas deficiências na segurança contra incêndio. Ocorrido em setembro

de 2018, o incêndio destruiu a maior parte do acervo do museu, construído ao longo de duzentos anos, além de causar vários danos ao edifício histórico que abrigava o museu, como o desabamento da cobertura e a queda de lajes internas. Investigações apontam que o incêndio tenha sido causado por um curto-circuito em um aparelho de ar condicionado.

Além do incêndio ocorrido no Museu Nacional, houveram outros incêndios no Brasil que resultaram em perdas irreparáveis ao patrimônio histórico-cultural do país. Em 1978, um incêndio ocorrido no Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro, destruiu 90% do acervo do museu (ONO, 2004). O edifício que abrigava o museu não apresentava um sistema de detecção e alarme ou de extinção de incêndio. A provável origem do incêndio, apontada por investigações da época, seria um cigarro ou um curto-circuito causado por instalações elétricas defeituosas. Anos após o incêndio, o edifício do museu foi totalmente recuperado, porém obras de importantes artistas como Picasso, Miró e Salvador Dalí foram perdidas para sempre.

Outro caso de incêndio em edificações históricas, foi o recente incêndio ocorrido na Catedral de Notre-Dame, em Paris, em abril de 2019. Nesse evento, obras de restauro estavam em curso no edifício e presume-se que o início do incêndio possa estar vinculado a essas obras. O incêndio destruiu grande parte do telhado, uma torre, além de um grande número de obras de arte, relíquias religiosas e outros tesouros insubstituíveis.

A partir da análise dos casos de incêndio em edifícios históricos citados anteriormente, é possível verificar a importância da adoção de medidas que tenham como objetivo a prevenção e o combate a incêndio e que levem em consideração as particularidades das edificações antigas. Segundo Ono (2004), o panorama nacional da preservação de edifícios históricos é agravado devido à ausência de uma legislação de segurança contra incêndio de âmbito nacional para edificações, assim como a falta de órgãos fiscalizadores que garantam uma segurança mínima aos edifícios. A carência de mão-de-obra qualificada e de recursos materiais para a segurança do patrimônio histórico existente em edifícios também podem ser citadas como obstáculos à preservação do patrimônio.

Para garantir a proteção da edificação que abriga o patrimônio histórico-cultural, Ono (2004) afirma que é necessário que tanto os projetistas quanto os órgãos fiscalizadores de segurança contra incêndio verifiquem a implantação das medidas de segurança julgadas adequadas a cada tipo de uso e ocupação dos edifícios sob sua jurisdição. Ainda, é de fundamental importância a associação entre os órgãos envolvidos tanto no projeto, como na execução, na fiscalização e na manutenção da segurança contra incêndio dos edifícios históricos.

Este trabalho tem como objetivo estimular a realização, nos projetos de segurança contra incêndios, de uma análise de risco de incêndio da edificação, sobretudo em edificações históricas, para auxiliar o projetista na escolha das melhores medidas de segurança a serem adotadas a fim de reduzir o risco de incêndio a um valor aceitável. Dessa forma, fica evidente a contribuição que a análise de risco propicia para a prevenção e o combate a incêndios. Neste trabalho será aplicado o método de análise global de risco de incêndio em sítios históricos, desenvolvido pelo Prof. Antônio Maria Claret Gouveia, em um conjunto de edificações formado pela Igreja São Pedro dos Clérigos, o Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira e o Seminário Nossa Senhora da Assunção, em Mariana, Minas Gerais.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente trabalho é utilizar o Método de Análise Global de Risco em sítios históricos, proposto por Antônio Maria Claret Gouveia, para a análise do conjunto arquitetônico da Igreja São Pedro dos Clérigos em Mariana - MG.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Fazer o levantamento dos aspectos referentes ao conjunto arquitetônico da Igreja São Pedro dos Clérigos que exerçam influência no grau de risco de incêndio. Entre esses aspectos estão as características de uso e ocupação, características construtivas, carga de incêndio presente no conjunto de edificações, entre outros.

- Determinar o Coeficiente de Segurança do conjunto arquitetônico em questão por meio do Método de Análise Global de Risco.

- Analisar os resultados obtidos por meio do método aplicado e, caso o critério de segurança adotado não seja adequado, propor melhorias ao Projeto de Combate a Incêndio do conjunto arquitetônico estudado.

1.2 Justificativa

Como abordado anteriormente, não são raros os casos de incêndios em edifícios históricos. Em todos os casos já citados, as perdas causadas pelo incêndio são irreparáveis e incalculáveis. Somados àqueles, ainda pode-se mencionar outros incêndios recentes ocorridos em edifícios históricos do período colonial brasileiro nas cidades mineiras de Mariana e Ouro Preto.

No ano de 1999, na cidade mineira de Mariana, um incêndio na Igreja Nossa Senhora do Carmo, tombada pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA), destruiu grande parte do piso de madeira, dois altares laterais e todo o telhado. A igreja estava em reforma e a presença de produtos químicos utilizados na recuperação de pinturas e peças sacras contribuiu para o alastramento do fogo. Ainda, houve uma demora significativa no atendimento da ocorrência, pois a cidade de Mariana não possuía um posto do corpo de bombeiros, sendo o posto mais próximo localizado na cidade vizinha, Ouro Preto. Anos depois, em 2015, um princípio de incêndio ocorreu nesta mesma igreja, causando danos na torre direita.

Pouco tempo após o primeiro incêndio ocorrido na Igreja Nossa Senhora do Carmo, ocorreu o incêndio do Hotel Pilão, na cidade de Ouro Preto. Este incêndio, ocorrido em 2003, destruiu um sobrado localizado nos arredores da Praça Tiradentes, a praça mais importante da cidade. O edifício, situado em uma esquina, oferecia acesso a duas fachadas e localizava-se próximo ao posto do corpo de bombeiros da cidade, porém, mesmo apresentando estas vantagens, não pôde ser protegido. De acordo com o IPHAN (2008), faltaram recursos elementares para

evitar a destruição: não havia água nos hidrantes e faltava pessoal e equipamentos nas fileiras dos bombeiros. Investigações da época apontam que a causa do incêndio teria sido um vazamento de gás.

Os incêndios na Igreja Nossa Senhora do Carmo, em Mariana, e o incêndio do Hotel Pilão, em Ouro Preto, abriram um espaço para um grande debate acerca da preservação do patrimônio histórico-cultural e das medidas a serem adotadas para a prevenção de tragédias como essas ocorridas nessas duas cidades mineiras. Segundo o IPHAN (2008), após o incêndio ocorrido no Hotel Pilão, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), por meio de um relatório, fez uma série de recomendações à prefeitura de Ouro Preto, como: a elaboração e implantação de um plano diretor; a implantação de uma lei de uso e ocupação do solo; o ordenamento do trânsito; a criação de uma política habitacional, para evitar a ocupação desordenada do solo urbano, entre outras.

Recentemente, em outubro de 2019, o incêndio ocorrido na Capela de Santa Rita de Cássia, situada no distrito de Sopa, na cidade de Diamantina, fez lembrar da importância da preservação do patrimônio histórico. A capela, tombada pelo seu valor artístico, cultural e histórico desde 2003, teve o teto e a torre destruídos pelo incêndio, restando apenas as paredes em ruínas. Segundo moradores do distrito, fogos de artifícios estavam sendo armazenados no interior da capela, situação esta que contribuiu para o desenvolvimento do incêndio que consumiu a capela.

Todos esses incêndios ocorridos em edifícios históricos ou que abrigavam acervos histórico-culturais citados anteriormente revelam a falta de infraestrutura para o combate a incêndio das cidades brasileiras, assim como a necessidade de se adotar medidas de prevenção e de proteção contra incêndio. Também, a partir dos exemplos citados, é possível observar que cada sítio histórico tem as suas particularidades e essas devem ser levadas em consideração durante a elaboração de um projeto de combate a incêndio.

O presente trabalho tem como motivação enfatizar a importância da realização de uma análise de risco de incêndio, principalmente no caso de edificações históricas. Segundo Gouveia (2006), mais do que dimensionar o risco, o método de

avaliação de risco global de incêndio evidencia que as medidas de prevenção devem refletir situações muito diferenciadas, ou seja, que é preciso criatividade e flexibilidade para conceber sistemas de proteção que associem intervenções construtivas, equipamentos, mas, principalmente atitudes, comportamentos e formas adequadas de uso das edificações. Desta forma, a análise de risco de incêndio contribui para a execução de um projeto de segurança contra incêndio efetivo e para a preservação dos edifícios históricos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estudo do Fogo

Segundo a norma ABNT NBR 13.860:1997, o fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz. Para produzir fogo, é necessária a presença simultânea de três elementos fundamentais, sendo eles material combustível, comburente (oxigênio) e calor. Em um modelo conhecido como triângulo do fogo (Figura 1), esses três elementos são representados nos lados de um triângulo.

Além do triângulo do fogo, existe um segundo modelo, denominado tetraedro do fogo (Figura 2). Nesse modelo é considerado um quarto elemento fundamental, a reação em cadeia. Cada elemento é representado em um dos lados do tetraedro.

De acordo com Gouveia (2006), a incidência do calor sobre o material produz a sua decomposição, denominada pirólise, a qual gera gases combustíveis. Em seguida, os gases gerados reagem com o oxigênio, produzindo calor, gases e partículas sólidas que compõem a fumaça. O calor produzido na reação de combustão volta a incidir sobre os materiais combustíveis do meio ambiente, o que realimenta a reação química.

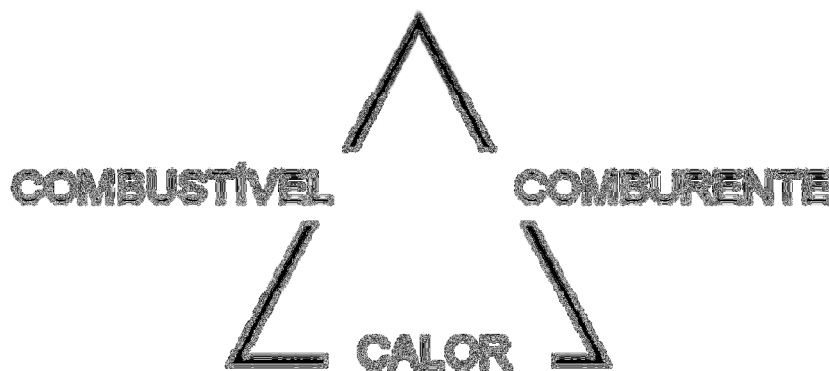


Figura 1 – Triângulo do fogo (SEITO *et al.*, 2008).

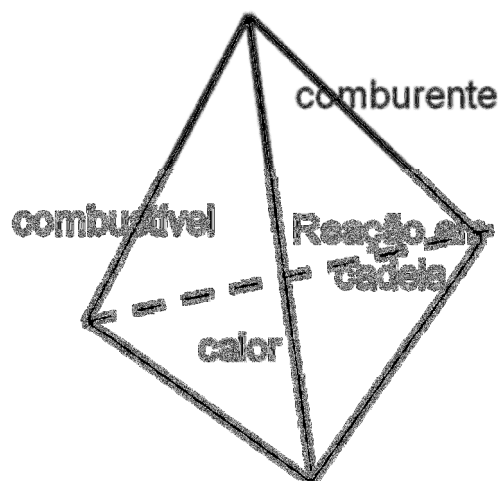


Figura 2 – Tetraedro do fogo (SEITO *et al.*, 2008).

Nos modelos do triângulo do fogo e do tetraedro do fogo, a falta de um dos elementos fundamentais inibe o início de ignição. Consequentemente, a partir desses modelos, é possível conceber diferentes formas de diminuição do risco de incêndio: a redução da quantidade de material combustível no compartimento, a redução do teor de oxigênio no ambiente, a redução da probabilidade do material combustível vir a ser exposto a uma fonte de calor e a redução da probabilidade de prolongação das reações em cadeia.

2.1.1 Etapas de Desenvolvimento de um Incêndio

O desenvolvimento de um incêndio pode ser analisado por meio de uma curva tempo-temperatura (Figura 3). Trata-se de um modelo de descrição de um incêndio compartimentado que considera uma distribuição uniforme de temperaturas, desde a etapa de início de ignição até a extinção do incêndio.

Por meio dessa curva é possível observar que, segundo esse modelo, um incêndio se desenvolve em três etapas: início de ignição, inflamação generalizada e extinção. Na primeira etapa, denominada início de ignição, o incêndio toma conta de alguns objetos do compartimento e o volume de fumaça é elevado, prejudicando o nível de visibilidade (GOUVEIA, 2006). Nessa fase as condições de preservação da

vida humana já são precárias. É esperado que os equipamentos de detecção e extinção de incêndio estejam em funcionamento durante essa etapa.

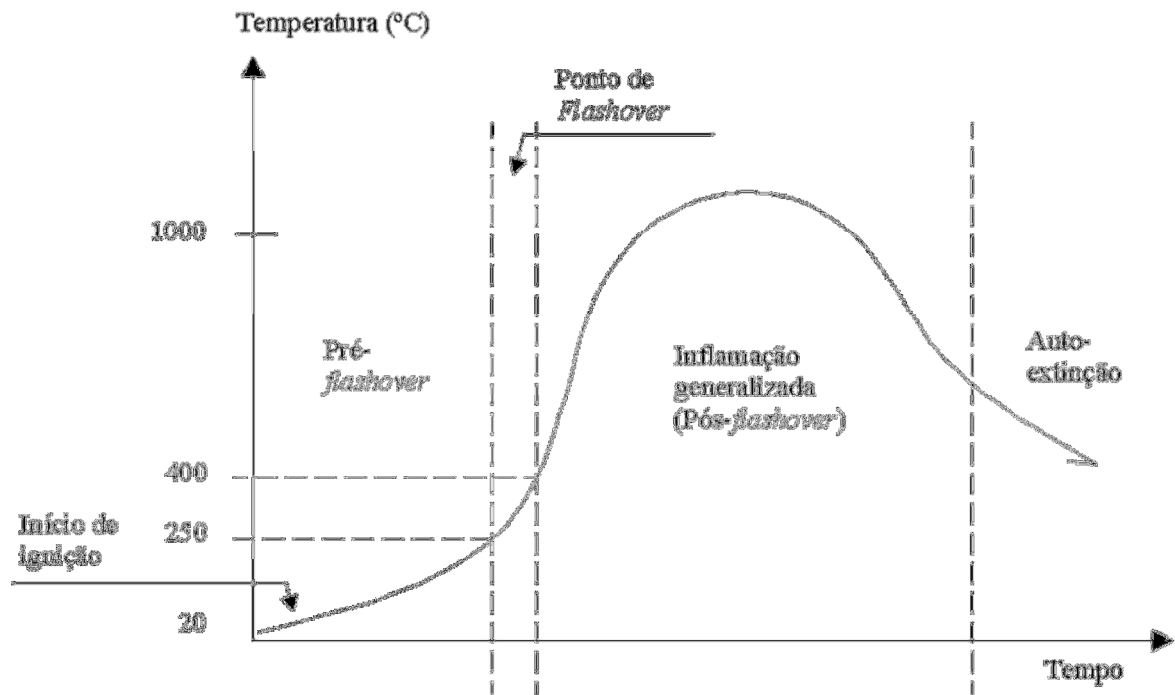


Figura 3 – Curva de desenvolvimento de um incêndio compartimentado (MOREIRA, 2002).

Após o incêndio atingir o chamado *ponto de flashover*, ponto onde a temperatura do compartimento apresenta valores entre 250 a 400°C, tem início a etapa de inflamação generalizada (GOUVEIA, 2006). Nessa fase, o incêndio atinge temperaturas elevadas, há grande volume de fumaça e, caso a resistência ao fogo do compartimento não seja suficiente, o incêndio irá se propagar rapidamente.

Por fim, após o consumo de cerca de 60 a 80% do material combustível disponível no compartimento, o incêndio atinge a fase de extinção (GOUVEIA, 2006). Nessa etapa há o resfriamento progressivo do ambiente e pode haver o colapso de elementos estruturais e de vedação. Caso a carga combustível não tenha sido totalmente consumida, pode haver o reinício do incêndio nessa etapa.

2.1.2 Descrição de um Incêndio pelo Modelo de Duas Camadas

Outra forma de descrever um incêndio compartimentado pode ser feita por meio do modelo de duas camadas. Nesse modelo, após o início de ignição, admite-se a formação de duas camadas de gases no compartimento: a camada superior e a camada inferior (Figura 4). Os gases presentes na camada superior apresentam temperatura elevada e, na camada inferior, a temperatura dos gases é relativamente mais baixa.

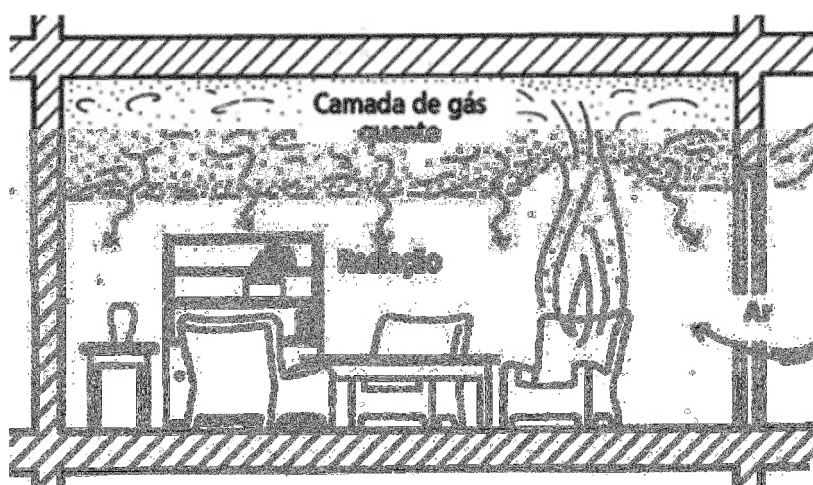


Figura 4 – Descrição do incêndio pelo modelo de duas camadas (GOUVEIA, 2006).

De acordo com Gouveia (2006), ocorre no compartimento o seguinte processo: a ignição se inicia em um determinado objeto e produz gases quentes que se elevam rumo ao forro. Em seguida, o oxigênio presente no ambiente mistura-se aos gases produzidos pela decomposição do material e produz chamas. Como a quantidade de oxigênio presente no ambiente não é suficiente para provocar a combustão da totalidade dos gases produzidos, logo, forma-se sob o forro uma camada de gases combustíveis misturados a partículas sólidas em suspensão.

À medida que o processo de ignição ocorre, a camada superior aumenta sua espessura e a temperatura dos gases que a compõem se eleva. Com isso, a camada inferior, de temperatura um pouco mais fria que a superior, tem sua

espessura gradualmente reduzida. Nessa situação, caso haja uma rápida entrada de oxigênio no ambiente, ocorrerá o fenômeno denominado *flashover*, em que o oxigênio injetado no compartimento reage com os gases da camada superior e causa a combustão instantânea desses gases (GOUVEIA, 2006).

2.2 Conceitos Básicos

2.2.1 Poder Calorífico e Carga de Incêndio

O poder calorífico, representado por H_c , é a grandeza que representa a quantidade de energia que pode ser liberada sob a forma de calor devido a combustão total de uma unidade de massa de um material (GOUVEIA, 2006). Essa grandeza é obtida por meio de ensaios feitos em laboratório e suas unidades mais comuns no Sistema Internacional (SI) são kJ/kg ou MJ/kg. Nas Tabelas 1 e 2, são apresentados o poder calorífico de alguns materiais e de alguns objetos, respectivamente.

A carga de incêndio de um compartimento corresponde à quantidade total de energia que pode ser liberada em um incêndio (GOUVEIA, 2006). Sua unidade no SI é o Joule (J), mas também é comum ser expressa em MJ. Essa grandeza pode ser obtida multiplicando-se a massa do material combustível e o poder calorífico desse material. A massa de um objeto, por sua vez, pode ser obtida pelo produto entre a massa específica do material de que o objeto é feito e o volume desse objeto.

São considerados dois tipos de cargas de incêndio, as cargas fixas e as cargas móveis. As cargas ditas fixas dizem respeito a materiais ou peças combustíveis permanentes no ambiente, como as peças estruturais e de vedação. Já as cargas móveis são os materiais ou objetos combustíveis que podem mudar de posição dentro do compartimento, como é o caso das mobílias. A carga de incêndio total leva em conta ambos os tipos de carga de incêndio.

Tabela 1 – Poder calorífico de materiais

Material	Hc (MJ/kg)	Material	Hc (MJ/kg)
Plástico ABS	34-40	Resina melamina	16-19
Acrílico	27-29	Óleo de linhaça	38-40
Algodão	16-20	Seda	17-21
Asfalto	40-42	Ureiaformaldeído	14-15
Betume	41-43	Espuma de ureiaformaldeído	42339
Carvão	34-35	Borracha isoprene	44-45
Carvão mineral, coque	28-34	PVC	16-17
Celulóide	17-20	Metanol	19-20
Celulose	15-18	Espuma de borracha	34-40
Cera, parafina	46-47	Óleo diesel	40-42
Couro	18-20	Placa de poliestireno expandido	17-18
Espuma de poli-isocianurato	22-26	Cetileno	48,2
Espuma de poliuretano	23-28	Etanol	26,8
Fenolformaldeído	27-30	Licores alcoólicos	26-28
Gordura	40-42	Madeira	17-20
Grãos (sementes e cereais)	16-18	Palha, sapé, capim	15-16
Lixo de cozinha	44409	Lã	21-26
Papel, papelão	13-21	Gasolina	43-44
Petróleo	40-42	Isopropil	31,4
Policarbonato	28-30	Butano	45,7
Poliéster	30-31	Fumo	37-39
Poliéster reforçado com fibras	20-22	Benzeno	40
Poliestireno	39-40	Etil álcool	27
Polietileno	43-44	Benzil álcool	27
Polipropileno	42-43	Hidrogênio	119,7
Politetrafluoretileno	5	Metano	50
Resina epóxi	33-34	Óleo de parafina	40-42
Roupas	17-21	Borracha de pneu	31-33

Fonte: GOUVEIA (2006), apud BUCHANAN (1994).

Tabela 2 – Poder calorífico de objetos comuns

Objeto	H _c (MJ/kg)	Objeto	H _c (MJ/un)
Aparelho de TV	21 MJ/kg	Máquina de lavar louças	31 MJ/kg
Aparelho de som	21 MJ/kg	Secador de roupas	32 MJ/kg
Aparelho DVD	21 MJ/kg	Forno de microondas	28 MJ/kg
Geladeira, <i>freezer</i> , frigobar	28 MJ/kg	Forno elétrico	28 MJ/kg
Sofá de um lugar	19 MJ/kg	Cadeiras de escritório	22 MJ/kg
Tapete	27 MJ/kg	Videocassete	20 MJ/kg
Almofadas (espuma)	18 MJ/kg	Computador	492 MJ/un.
Couro	19 MJ/kg	Impressora	146 MJ/un.
Máquina de lavar roupas	32 MJ/kg	Sofá de 2 lugares(tecido)	904 MJ/un.
		Sofá de 3 lugares(tecido)	983 MJ/un.

Fonte: GOUVEIA (2006).

2.2.2 Densidade de Carga de Incêndio

Densidade de carga de incêndio, ou carga de incêndio específica, é a grandeza definida como a razão da carga de incêndio pela área do piso do compartimento (GOUVEIA, 2006). De acordo com o Anexo C da norma ABNT NBR 14.432:2001, a densidade de incêndio de um compartimento pode ser determinada pela equação 2.1:

$$q_{fi} = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i \cdot H_i)}{A_f} \quad (2.1)$$

Onde:

- q_{fi} é a densidade de incêndio do compartimento, em MJ/m²;
- M_i é a massa total específica de cada componente i de material combustível presente no compartimento, em kg;
- H_i é o potencial calorífico específico de cada componente i de material combustível presente no compartimento, em MJ/kg;
- A_f é a área do piso do compartimento, em m².

2.2.3 Perigo e Risco de Incêndio

Dois conceitos de significativa importância para uma análise de risco de incêndio e que precisam ser claramente diferenciados são os conceitos de perigo e de risco. O perigo pode ser entendido como uma fonte ou situação com potencial de causar danos, não havendo relação entre esse conceito e a ideia de probabilidade. Portanto, segundo Gouveia (2006), o perigo de incêndio se refere a possibilidade de ocorrência de um incêndio devido a presença de materiais combustíveis, oxigênio e calor em um compartimento.

O risco, diferentemente do conceito de perigo, envolve a ideia de probabilidade, ou seja, a chance de que um determinado evento venha a acontecer. Logo, Gouveia (2006) afirma que o risco de incêndio se refere à probabilidade de ocorrência de um incêndio em um compartimento.

2.2.4 Resistência ao Fogo

A resistência ao fogo é uma propriedade de um elemento construtivo quando esse apresenta aspectos de estanqueidade, isolamento e estabilidade de forma e posição (GOUVEIA, 2006). A estanqueidade se refere à capacidade do elemento construtivo de vedar a passagem de gases quentes e chamas do interior para o exterior do compartimento. Está associada à integridade de um elemento, pois se este não possui fissuras ou trincas, decorrentes do calor resultante de um incêndio, e ainda não apresenta defeitos devido aos processos de montagem e construção, logo, esse elemento apresentará boa estanqueidade.

O isolamento corresponde à capacidade do elemento construtivo, nesse caso o elemento de vedação, de impedir o fluxo de calor do interior do compartimento para fora deste, em intensidade tal que promova a ignição espontânea do material presente no compartimento adjacente. O último aspecto da resistência ao fogo, a estabilidade de forma e posição, se refere à capacidade do elemento de permanecer na posição em que foi construído e não sofrer deformações excessivas em uma situação de incêndio.

Frequentemente, as normas técnicas brasileiras exigem que os elementos de compartimentação tenham uma resistência ao fogo de 120 min. Na hipótese de um compartimento ser composto por elementos construtivos cuja resistência ao fogo seja de 120 min e caso um incêndio ocorra neste compartimento, isto significa dizer que esse incêndio deverá estar na fase de extinção após a passagem de 120 min. Na Tabela 3, apresenta-se a resistência ao fogo de paredes de alvenaria de diferentes tipos e espessuras.

Tabela 3 – Resistência ao fogo de paredes de alvenaria

Elemento Construtivo		Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Resistência ao fogo (min)
Parede de tijolos de barro cozido (dimensões nominais dos tijolos: 5x10x20 cm e massa de 1,5 kg)	Meio tijolo sem revestimento	10	120	90
	Um tijolo sem revestimento	20	395	≥ 360
	Meio tijolo com revestimento	15	300	240
	Um tijolo com revestimento	25	300	> 360
Parede de blocos vazados de concreto de 2 furos (dimensões nominais dos blocos: 14x19x39 cm e 19x19x39 cm e massas de 13 kg e 17 kg, respectivamente)	Bloco de 14 cm sem revestimento	14	100	90
	Bloco de 19 cm sem revestimento	19	120	90
	Bloco de 14 cm com revestimento	17	150	120
	Bloco de 19 cm com revestimento	22	185	360

(continua)

Elemento Construtivo		Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Resistência ao fogo (min)
Parede de tijolos cerâmicos de oito furos (dimensões nominais dos tijolos: 10x20x20 cm e massa de 2,9 kg)	Meio tijolo com revestimento	13	150	120
	Um tijolo com revestimento	23	300	> 240
Paredes de concreto armado monolítico sem revestimento	Traço 1:2,5:3,5 e armadura simples posicionada a meia espessura das paredes, possuindo malha de 15 cm de aço CA-50 de diâmetro 1/4 de polegada	11,5	150	90
		16	210	180

(continuação)

Fonte: GOUVEIA (2006).

2.2.5 Compartimentação

Um compartimento pode ser definido como uma divisão interna de um edifício cujos pisos, forros e paredes apresentem resistência ao fogo suficiente, de acordo com a norma técnica, de forma que o incêndio não se propague para outro ambiente (GOUVEIA, 2006). Isto é, a resistência ao fogo dos elementos de vedação deve ser suficiente para que o incêndio não ultrapasse os limites do compartimento. Em geral, recomenda-se a construção de elementos de compartimentação nos seguintes casos: entre dois ou mais edifícios geminados; separando unidades de ocupação na mesma edificação e, por fim, separando ocupações distintas na mesma unidade, caso uma não seja auxiliar da outra.

2.2.6 Classificação das Edificações quanto à sua Ocupação

Conforme o Anexo I do Decreto 43.805/2004 do Governo do Estado de Minas Gerais, as edificações podem, de acordo com a sua ocupação, ser classificadas nas divisões apresentadas no Anexo I deste trabalho. Para a realização do método de análise de risco empregado neste trabalho é necessário conhecer em qual dessas divisões o edifício em estudo se adequa.

2.2.7 Classificação das Edificações quanto ao Volume do Compartimento Incendiado

O volume do compartimento tem influência no risco de incêndio da edificação, pois essa grandeza afeta o grau de dificuldade do combate ao incêndio e a probabilidade de propagação do incêndio para edifícios adjacentes. Por esse motivo, Gouveia (2006) classifica as edificações históricas quanto ao seu volume em três classes distintas: edificação compartimentada ou do tipo C, edificação horizontal ou do tipo H e edificação vertical ou do tipo V.

As edificações do tipo C são aquelas divididas em unidades de ocupação e que, por suas características construtivas, impedem ou dificultam a propagação do incêndio nas direções horizontal e vertical. Nesse cenário, considera-se que cada unidade de ocupação constitui um compartimento e os elementos construtivos (paredes, pisos e forros) de cada compartimento possuem resistência ao fogo maior ou igual a 120 min.

As edificações do tipo H são aquelas que, por suas características construtivas, impedem ou dificultam a propagação do incêndio na direção vertical. Nesse caso, considera-se que as paredes externas possuem resistência ao fogo inferior a 120 min e os pisos e forros com resistência ao fogo maior ou igual a 120 min. Incêndios de grande volume podem ocorrer neste tipo de edificação.

Por fim, as edificações do tipo V são aquelas em que as paredes, pisos e forros do compartimento possuem resistência ao fogo inferior a 120 min e o seu volume interno é maior ou igual a 900 m³. Esse tipo de edificação é comum em sítios históricos.

Ainda, no caso de conjuntos de edificações, estes devem ser classificados segundo os tipos C, H ou V. De acordo com Gouveia (2006), um conjunto é do tipo C quando todos os edifícios que o compõem são do tipo C; um conjunto é do tipo H quando ao menos um dos edifícios que o compõem é do tipo H e nenhum deles é do tipo V; finalmente, um conjunto é do tipo V quando ao menos um edifício componente é do tipo V.

2.2.8 Áreas Não Protegidas Externas

As áreas não protegidas externas se referem às aberturas e porções da área de um elemento de vedação externa que não possuam resistência ao fogo suficiente para desassociar os riscos entre edificações ou unidades de ocupação (GOUVEIA, 2006). A porcentagem de áreas não protegidas externas e o afastamento entre edificações são parâmetros importantes e devem ser observados para a diminuição do risco de propagação de incêndio entre fachadas, entre coberturas e fachadas e entre edifícios geminados. A partir da Tabela 4, é possível determinar a porcentagem de área não protegida admissível tanto em paredes internas como em paredes externas.

Tabela 4 – Porcentagens de áreas não protegidas

Distância mínima entre a parede e a divisa (m)		Porcentagem total de área não protegida (%)
Grupo de ocupações		
Residencial, escritório, reunião, recreação	Comercial, industrial, depósito e outros usos não residenciais	
Não aplicável	1	4
1	2	8
2,5	5	20
5	10	40
7,5	15	60
10	20	80
12,5	25	100

Fonte: GOUVEIA (2006).

2.3 Levantamento das Cargas de Incêndio

O levantamento das cargas de incêndio pode ser feito por meio de duas técnicas distintas: a de pesagem direta e a de inventário (GOUVEIA, 2006). No levantamento

de cargas de incêndio feito por pesagem direta, as massas dos objetos combustíveis são obtidas por meio da pesagem de cada objeto, o que pode ser extremamente árduo e exaustivo.

No método de inventário, muito utilizado em sítios históricos, a massa do objeto é obtida por meio da observação de suas características físicas por meio de inspeção visual. A partir da inspeção visual é possível identificar o volume do objeto e também o material de que esse objeto é feito. Definido o tipo de material do objeto, a sua massa específica e o seu poder calorífico podem ser encontrados em manuais técnicos. Conhecendo-se tais parâmetros, a massa do objeto e a carga de incêndio podem ser facilmente obtidas.

Durante o levantamento das cargas de incêndio é necessário estar atento a alguns detalhes. No caso de elementos construtivos combustíveis situados em divisórias, como portas e janelas, tais elementos devem ser considerados como componentes da carga de incêndio de ambos os compartimentos. Ainda, em caso de materiais combustíveis discretos ou confinados, como papéis e livros, deve-se aplicar um coeficiente de redução do volume aparente devido aos variados graus de compactação.

A partir de um levantamento de cargas de incêndio realizado em edificações históricas em Ouro Preto, Gouveia (2006) encontrou, para engradamentos de telhados, forros, pisos e paredes, valores da ordem dos apresentados na Tabela 5, quando esses elementos construtivos são feitos de madeira.

Tabela 5 – Cargas de incêndio típicas de elementos construtivos de edificações situadas em sítios históricos

Descrição	Massa (kg/m²)	Carga de incêndio (MJ/m²)
Engradamento para telha de barro - com duas águas e vãos de 12 a 16 m	28	532
Forro de madeira	25	475
Assoalho de tábuas com embarrotamento	40	760
Revestimento de paredes em lambris	9	173

Fonte: GOUVEIA (2006).

3 ANÁLISE GLOBAL DE RISCO DE INCÊNDIO

Segundo Gouveia (2006), a Análise Global de Risco de Incêndio é um método empregado em projetos de segurança para a estimativa do risco global de incêndio em uma edificação ou em um conjunto de edificações. Por meio dessa análise é possível determinar o conjunto de medidas apropriadas para reduzir o risco de incêndio a um valor máximo aceitável.

O risco máximo aceitável corresponde ao maior risco de incêndio admissível na edificação ou no conjunto de edificações, e depende de fatores políticos, sociais e econômicos do período em que a análise é feita. Dessa forma, um projeto de segurança contra incêndio tem como principal objetivo atingir um risco de incêndio da edificação igual ou inferior ao risco máximo aceitável.

O método de análise global de risco de incêndio proposto por Gouveia (2006) tem como propósito o balanceamento de parâmetros de risco e medidas de segurança presentes em um compartimento. Ou seja, esse método tem como finalidade o balanceamento entre os fatores que facilitam o desenvolvimento e a propagação de um incêndio e aqueles que dificultam a ocorrência desse fenômeno. A aplicação desse método de análise de risco compreende diferentes etapas e cada uma delas será abordada nos itens a seguir.

3.1 Exposição ao Risco

A exposição ao risco de incêndio (E) ou perigo de incêndio é a grandeza que avalia o peso total dos parâmetros que facilitam a ocorrência de um incêndio em uma edificação ou conjunto de edificações (GOUVEIA, 2006). Trata-se de uma grandeza determinística que mede o potencial de incêndio, e, portanto, não possui caráter probabilístico.

No método proposto por Gouveia (2006), a exposição ao risco de incêndio pode ser obtida pela equação 3.1:

$$E = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \cdot f_6 \quad (3.1)$$

Onde:

- E é a exposição ao risco de incêndio;
- f_1 é o fator de risco referente à densidade de carga de incêndio do compartimento;
- f_2 é o fator de risco referente à altura do compartimento;
- f_3 é o fator de risco referente à distância da unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima;
- f_4 é o fator de risco referente às condições de acesso à edificação;
- f_5 é o fator de risco referente ao perigo de generalização do incêndio e
- f_6 é o fator de risco referente à importância específica da edificação.

Como pode ser observado, no cálculo da exposição ao risco de incêndio são considerados seis parâmetros impulsionadores do incêndio. Além disso, o cálculo dessa grandeza deve ser feito compartimento a compartimento.

3.1.1 Parâmetros e Fatores de Risco

Os parâmetros favoráveis à ocorrência de um incêndio podem ser classificados em três categorias. A primeira categoria se refere a duas características da carga de incêndio: sua grandeza e sua posição em relação ao nível de descarga. A segunda categoria diz respeito às características do compartimento, como: a distância da edificação à unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima, as condições de acesso à edificação e o perigo de generalização de incêndio, quando em conjunto. A última categoria considera as políticas de preservação para a edificação ou o conjunto de edificações.

Os parâmetros que facilitam o desenvolvimento e a propagação do incêndio, assim como os fatores associados a cada um desses parâmetros, estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros e fatores de risco

Origem	Parâmetros	Símbolo	Fator
Carga de incêndio	Densidade de carga de incêndio	q	f_1
	Altura do compartimento	H, S	f_2
Compartimento	Distância da unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima	D	f_3
	Condições de acesso à edificação	—	f_4
	Perigo de generalização	—	f_5
Política de preservação	Importância específica da edificação	—	f_6

Fonte: GOUVEIA (2006).

Os fatores de risco são os pesos associados a cada um dos parâmetros de risco considerados no método proposto. Tanto os parâmetros como os fatores de risco serão abordados nos itens a seguir.

3.1.1.1 Densidade da Carga de Incêndio

Como abordado anteriormente, a grandeza densidade de carga de incêndio mede a quantidade total de energia que pode ser liberada em um incêndio por unidade de área do piso do compartimento. É um fator determinante no cálculo da exposição ao risco de incêndio e está associado à dimensão dos danos que podem ser causados por um incêndio. Os fatores de risco referentes à densidade de carga de incêndio foram retirados da norma SIA-81 e estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Densidade da carga de incêndio e fatores de risco

Densidade de carga de incêndio (MJ/m ²)	f_1	Densidade de carga de incêndio (MJ/m ²)	f_1
$q \leq 200$	1,0	$1700 \leq q < 2500$	1,7
$200 \leq q < 300$	1,1	$2500 \leq q < 3500$	1,8
$300 \leq q < 400$	1,2	$3500 \leq q < 5000$	1,9
$400 \leq q < 600$	1,3	$5000 \leq q < 7000$	2,0
$600 \leq q < 800$	1,4	$7000 \leq q < 10000$	2,1
$800 \leq q < 1200$	1,5	$10000 \leq q < 14000$	2,2
$1200 \leq q < 1700$	1,6	$14000 \leq q < 20000$	2,3

Fonte: GOUVEIA (2006).

Em grande parte das análises de risco conduzidas em edificações históricas, é possível verificar que os valores de carga de incêndio obtidos nesses edifícios são muito superiores aos valores estabelecidos em normas técnicas. Portanto, fica evidente a necessidade da realização de levantamentos da carga de incêndio em sítios históricos.

3.1.1.2 Altura do Compartimento

A posição da carga de incêndio em relação ao nível de descarga é um parâmetro que influi tanto nas operações de combate a incêndio como no escape dos usuários do edifício ou conjunto de edifícios. Consequentemente, a altura (H) ou profundidade (S) do piso mais afastado do nível de descarga é um parâmetro que afeta a exposição ao risco de incêndio. Os fatores de risco referentes à altura do compartimento foram retirados da norma SIA-81 e estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Altura do compartimento e fatores de risco

Tipo da edif.	Profundidade do subsolo (m)			Altura do piso mais elevado (m)		
	$S \leq 4$	$4 < S \leq 8$	$8 < S \leq 12$	$H \leq 6$	$6 < H \leq 12$	$12 < H \leq 23$
	f_2					
C	1,0	1,9	3,0	1,0	1,3	1,5
H	1,3	2,4	4,0	1,3	1,6	2,0
V	1,5	3,0	4,5	1,5	2,0	2,3

Fonte: GOUVEIA (2006).

Edificações do tipo H ou V, comuns em sítios históricos, possuem valores relativamente elevados de altura e volume do compartimento, o que possibilita a ocorrência de incêndios de grandes volumes. Ainda, em edificações históricas é comum a presença de andares de subsolo que armazenam quantidades consideráveis de materiais combustíveis.

3.1.1.3 Distância da Edificação em relação ao Corpo de Bombeiros

A distância entre a edificação e a unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima é um parâmetro de risco que considera o tempo de resposta do grupamento de bombeiros à comunicação de incêndio. Nesse caso, não são consideradas as dificuldades de acesso à edificação devidas à topografia ou às características das vias urbanas. Os fatores de risco referentes à distância da edificação em relação ao Corpo de Bombeiros foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Distância do Corpo de Bombeiros e fatores de risco

Tipo	Denominação	D (km)	f_3
I	Muito próximo	$D \leq 1$	1,0
II	Próximo	$1 \leq D < 6$	1,25
III	Medianamente distante	$6 \leq D < 11$	1,6
IV	Distante	$11 \leq D < 16$	1,8
V	Muito distante ou inexistente	$D > 16$	4,0

Fonte: GOUVEIA (2006).

Neste método, admite-se a existência e a disponibilidade de reserva de água para combate a incêndio, caso contrário, a presença do grupamento de bombeiros deveria ser desconsiderada. Ainda, caso haja mais de um grupamento do Corpo de Bombeiros dentro da área de influência do edifício, o fator de risco deve ser determinado na proporção das reservas de água de cada grupamento.

3.1.1.4 Condições de Acesso à Edificação

As condições das vias de acesso, assim como a distância entre a edificação e o Corpo de Bombeiros, constituem um parâmetro que considera o tempo de resposta do grupamento de bombeiros à comunicação de incêndio. Nesse caso, são consideradas as condições de acesso às fachadas do edifício e a disponibilidade de água para combate a incêndio. Os fatores de risco referentes às condições de acesso a edificação foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Condições de acesso à edificação e fatores de risco

Denominação do acesso	Descrição	f_4
Fácil	Acesso da viatura a pelo menos duas fachadas da edificação, quando esta é do tipo C ou H, ou a três fachadas, quando a edificação é do tipo V; hidrante público a até 75 m da edificação ou instalação de hidrante interno ou externo à edificação.	1,0
Restrito	Acesso a uma só fachada, quando a edificação é do tipo C ou H, ou a duas fachadas, quando a edificação é do tipo V; hidrante público a até 75 m da edificação ou instalação de hidrante interno ou externo à edificação.	1,25
Difícil	Acesso a uma só fachada da edificação; hidrante público a pelo menos 75 m da edificação ou instalação de hidrante interno ou externo à edificação.	1,6
Muito difícil	Acesso a uma só fachada da edificação; hidrante público a mais de 75 m da edificação.	1,9

Fonte: GOUVEIA (2006).

Em edificações situadas em sítios históricos, é comum a condição em que há apenas uma fachada de acesso. Também, em sítios históricos, a presença de terrenos acidentados e ruas estreitas e sinuosas prejudicam as ações de combate a incêndio.

3.1.1.5 Perigo de Generalização

O parâmetro perigo de generalização considera a probabilidade de propagação de um incêndio no interior de um compartimento para os compartimentos adjacentes, considerando um conjunto de edificações. Os fatores de risco, apresentados na Tabela 11, foram determinados por consenso técnico, considerando a resistência ao fogo dos elementos construtivos do compartimento.

Tabela 11 – Perigo de generalização e fatores de risco

Denominação da situação de perigo		Descrição	f_s
I	Paredes	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 4	1,0
	Fachadas	Incombustíveis, com aberturas obedecendo a Tabela 4	
	Empenas	Incombustíveis, com resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas	
	Cobertura	Incombustível ou combustível protegida em uma faixa de pelo menos 1,5 m a partir das bordas	
II	Paredes	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 4	1,5
	Fachadas	Incombustíveis, com aberturas obedecendo a Tabela 4	
	Empenas	Combustíveis ou incombustíveis com resistência ao fogo inferior a 120 min ou com aberturas acima dos limites da Tabela 4	
	Cobertura	Combustível, sem a faixa de proteção de largura 1,5 m a partir das bordas	
III	Paredes	Resistência ao fogo de 120 min, sem aberturas ou com aberturas de acordo com a Tabela 4	2,0
	Fachadas	Combustíveis ou com aberturas acima dos limites da Tabela 4	
	Empenas	Combustíveis ou incombustíveis com resistência ao fogo inferior a 120 min ou com aberturas acima dos limites da Tabela 4	
	Cobertura	Combustível, sem a faixa de proteção de largura 1,5 m a partir das bordas	
IV	Paredes	Combustíveis ou incombustíveis com resistência ao fogo inferior a 120 min ou com aberturas acima dos limites dados na Tabela 4	3,0
	Fachadas	Combustíveis ou com aberturas acima dos limites da Tabela 4	
	Empenas	Combustíveis ou incombustíveis com resistência ao fogo inferior a 120 min ou com aberturas acima dos limites da Tabela 4	
	Cobertura	Combustível, sem a faixa de proteção de largura 1,5 m a partir das bordas	

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.1.1.6 Importância Específica da Edificação

A importância específica da edificação é um parâmetro que evidencia um cuidado especial com a preservação do edifício, considerando sua importância e sua vulnerabilidade ao incêndio. Os fatores de risco referentes à importância específica da edificação foram estabelecidos por técnicos que atuam em órgãos públicos destinados à preservação do patrimônio histórico-cultural e estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Importância específica da edificação e fatores de risco

Tipo de tombamento	<i>f₆</i>
Tombamento em todos os níveis	1,2
Patrimônio Histórico da Humanidade	1,5
Tombada pela União	1,7
Tombada pelo Estado	1,9
Tombada pelo Município	2,2

Fonte: GOUVEIA (2006).

A partir da análise dos valores do fator de risco mostrados na Tabela 12, é possível observar que o grupo técnico responsável pela determinação desses valores considera que uma edificação tombada somente pelo município possui maior exposição ao risco de incêndio do que uma tombada em todos os níveis. Isto ocorre pois considera-se que um edifício tombado somente pelo município, pela ausência de outras fontes de recursos, apresenta um estado de conservação mais precário em relação a um edifício que possui tombamento em todos os níveis, que apresenta mais fontes de recursos para sua conservação.

3.2 Segurança Contra Incêndio

A segurança contra incêndio (S) é a grandeza determinística que avalia o peso total dos parâmetros que dificultam a ocorrência de um incêndio em uma edificação ou conjunto de edificações (GOUVEIA, 2006). No método proposto, a segurança contra incêndio pode ser obtida pela equação 3.2:

$$S = s_1 \cdot s_2 \cdot (\dots) \cdot s_n \quad (3.2)$$

Onde:

- S é a segurança contra incêndio e
- $s_1, s_2 \dots s_n$ são os fatores de segurança associados às medidas de segurança existentes no compartimento.

Esta grandeza depende do tipo e do número de medidas de segurança existentes na edificação. Neste método de análise de risco, considera-se que todas as medidas de segurança disponíveis na edificação estejam operacionais, e, assim como o cálculo da exposição ao risco de incêndio, a segurança contra incêndio deve ser calculada para cada compartimento.

3.2.1 Medidas e Fatores de Segurança

As medidas de segurança são aquelas que dificultam o desenvolvimento e a propagação do incêndio. Essas medidas podem ter caráter preventivo ou de proteção. As medidas de prevenção se destinam a impossibilitar o início do incêndio, isto é, controlar o risco de início de incêndio. As medidas de proteção contra incêndio são aquelas cuja finalidade é a proteção da vida humana e dos bens materiais contra os danos decorrentes do incêndio que já se desenvolve na edificação.

Segundo Ono (2004), as medidas de proteção contra incêndio podem ser divididas entre passivas e ativas. As medidas de proteção passiva são aquelas que nascem com a edificação e não necessitam de um acionamento para o seu funcionamento em caso de incêndio. As condições de acesso à edificação e a

resistência ao fogo dos elementos construtivos são exemplo de medidas de proteção passivas. Por outro lado, as medidas de proteção ativas constituem as instalações de equipamentos de proteção contra incêndio que necessitam de um acionamento manual ou automático para garantir seu funcionamento em caso de incêndio. São os sistemas de detecção e alarme de incêndio, os sistemas de extinção automática de incêndio, iluminação de emergência, entre outros.

As medidas de segurança podem ser classificadas em cinco tipos: medidas sinalizadoras, medidas extintivas, medidas de infraestrutura, medidas estruturais e medidas políticas. Segundo Gouveia (2006), em um projeto de segurança contra incêndio, é necessário adotar ao menos uma medida de segurança de cada tipo a fim de favorecer a segurança da edificação ou do conjunto de edificações. Analogamente aos fatores de risco, os fatores de segurança são os pesos associados a cada medida de segurança. Tanto os tipos de medidas de segurança como os fatores associados a cada medida serão abordados nos itens a seguir.

3.2.1.1 Medidas Sinalizadoras

As medidas sinalizadoras são aquelas cujo objetivo é a detecção do início de incêndio e a sua comunicação a usuários ou a profissionais responsáveis pelo combate a incêndio (GOUVEIA, 2006). Entre essas medidas estão a instalação de alarmes de incêndio e os detectores de calor e fumaça. Os fatores de segurança referentes às medidas sinalizadoras foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Medidas sinalizadoras e fatores de segurança

Descrição	Símbolo	Fator de segurança
Alarme de incêndio com acionamento manual	s_1	1,5
Detector de calor e fumaça	s_2	2,0
Detector de calor e fumaça com transmissão automática do sinal de alarme para o Corpo de Bombeiros ou para central de segurança	s_3	3,0

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.2.1.2 Medidas Extintivas

As medidas extintivas são aquelas cujo objetivo é a extinção do incêndio em qualquer uma de suas etapas de desenvolvimento (GOUVEIA, 2006). Entre essas medidas estão a instalação de aparelhos extintores, sistema fixo de gases, sistema interno e externo de chuveiros automáticos e brigadas de incêndio. A instalação de aparelhos extintores e sistemas fixos de gases têm como objetivo combater o início do incêndio, enquanto os sistemas de chuveiros automáticos e as brigadas de incêndio visam interromper as reações em cadeia do processo de combustão.

Todos os sistemas mencionados devem ser dimensionados conforme as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros ou as normas técnicas apropriadas. Os fatores de segurança referentes às medidas extintivas foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Medidas extintivas e fatores de segurança

Descrição	Símbolo	Fator de segurança
Aparelhos extintores	s_4	1,0
Sistema fixo de gases	s_5	6,0
Brigada de incêndio em plantão durante o expediente	s_6	8,0
Brigada de incêndio em plantão permanente	s_7	8,0
Instalação interna de chuveiros automáticos	s_{8a}	10,0
Instalação externa de chuveiros automáticos	s_{8b}	6,0

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.2.1.3 Medidas de Infraestrutura

As medidas de infraestrutura são aquelas cujo objetivo é a viabilização das atividades de combate a incêndio (GOUVEIA, 2006). Essas medidas consideram os sistemas de hidrantes e as reservas de água, sendo que ambos devem ser dimensionados conforme as instruções técnicas ou normas técnicas apropriadas. Os fatores de segurança referentes às medidas de infraestrutura foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Medidas de infraestrutura e fatores de segurança

Descrição	Símbolo	Fator de segurança
Sistema de hidrantes internos à edificação e mangotinhos com abastecimento por meio de reservatório público	s_9	6,0
Sistema de hidrantes internos à edificação e mangotinhos com abastecimento por meio de reservatório particular	s_{10}	6,0
Reserva de águas	s_{11}	1,0

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.2.1.4 Medidas Estruturais

As medidas estruturais são aquelas que se referem ao grau de resistência ao fogo dos elementos construtivos presentes no compartimento, que estabelece a contenção do crescimento do incêndio no interior do edifício (GOUVEIA, 2006). Os elementos construtivos podem adquirir um maior nível de resistência ao fogo devido a adoção de materiais estruturais ou pelo uso de medidas de proteção passivas. Os fatores de segurança referentes às medidas estruturais foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Medidas estruturais e fatores de segurança

Resistência ao fogo da estrutura (min)	Símbolo	Fator de segurança
≥ 30	S_{12}	1,0
≥ 60	S_{13}	2,0
≥ 90	S_{14}	3,0
≥ 120	S_{15}	4,0

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.2.1.5 Medidas Políticas

As medidas políticas são aquelas cujo objetivo é a orientação dos usuários e profissionais em caso de uma ocorrência de incêndio e a ordenação das ações de prevenção e combate, de modo a torná-las mais eficazes (GOUVEIA, 2006). Os fatores de segurança referentes às medidas políticas foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Medidas políticas e fatores de segurança

Descrição	Símbolo	Fator de segurança
Planta de risco	S_{16}	1,0
Plano de intervenção	S_{17}	1,2
Plano de escape	S_{18}	1,2
Sinalização das saídas de emergência e rotas de fuga	S_{19}	1,0

Fonte: GOUVEIA (2006).

A planta de risco se trata de um mapa de uma malha urbana contendo os graus de risco global de incêndio, medidos conforme o método proposto. O plano de intervenção diz respeito à preparação de operações de combate a incêndio, considerando os cenários de incêndio mais prováveis em cada caso. O plano de escape se refere à provisão de rotas de fuga, isto é, meios de abandono seguro do edifício pelos seus usuários. Por fim, as sinalizações das saídas de emergência e rotas de fuga se referem ao conjunto de sinais visuais que indicam os procedimentos referentes a saídas de emergência, utilização de equipamento de segurança contra incêndio, entre outros aspectos.

3.3 Risco de Ativação

O risco de ativação (A) avalia a probabilidade de que uma ação humana, voluntária ou involuntária, direta ou indireta, provoque um início de incêndio (GOUVEIA, 2006). No método proposto, essa grandeza probabilística pode ser obtida pela equação 3.3:

$$A = A_1 \cdot A_k, \quad k = 2, 3 \text{ ou } 4 \quad (3.3)$$

Onde:

- A é o risco de ativação;

- A_1 é o fator de risco de ativação referente à natureza da ocupação da edificação e
- A_k é o maior fator de risco de ativação entre aqueles decorrentes de falha humana, referentes a qualidade das instalações elétricas e de gás e devidos a fenômenos naturais.

O risco de ativação devido à natureza da ocupação (A_1) é intrínseco ao compartimento. Enquanto isso, os demais riscos de ativação são acidentais, devendo-se tomar o maior deles (A_k) para o cálculo do risco de ativação (A).

Os riscos de ativação podem ser classificados em três classes: riscos decorrentes diretamente da atividade humana, riscos decorrentes das instalações e riscos devidos a fenômenos naturais. Os parâmetros de risco de ativação de cada uma dessas classes, assim como os fatores de risco de ativação referentes a cada um desses parâmetros, serão abordados nos itens a seguir.

3.3.1 Riscos de Ativação decorrentes da Atividade Humana

Os riscos de ativação de incêndio decorrentes da atividade humana são divididos em duas categorias: risco oriundo da natureza da ocupação e risco devido à falha humana. Estes dois tipos de risco de ativação serão abordados nos itens a seguir.

3.3.1.1 Risco de Ativação oriundo da Natureza da Ocupação

As atividades desenvolvidas em um compartimento podem gerar um risco de ativação de incêndio, quando envolvem operações capazes de produzir temperaturas suficientemente elevadas para causar um início de incêndio. Isto é, o uso ou ocupação de uma edificação define um determinado risco de ativação de incêndio. Os fatores de risco de ativação referentes à caracterização das ocupações realizadas na edificação foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Caracterização das ocupações e fatores de risco de ativação

Caracterização das ocupações realizadas na edificação	Símbolo	Fator de risco de ativação
Operações que envolvem temperaturas inferiores a 40°C	A_1	1,0
Operações que envolvem temperaturas entre 40°C e 250°C		1,25
Operações que envolvem temperaturas superiores a 250°C		1,50

Fonte: GOUVEIA (2006).

Além da abordagem anterior, os fatores de risco de ativação podem ser obtidos de acordo com o tipo de ocupação da edificação. O tipo de ocupação de uma edificação pode ser obtido com base na classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação, presente no Anexo I do Decreto 43.805/2004 do Governo do Estado de Minas Gerais. Dessa forma, os fatores de risco de ativação também podem ser obtidos considerando o grupo de ocupação a que pertence o edifício, conforme mostrado na Tabela 19.

Tabela 19 – Grupos de ocupação e fatores de risco de ativação

Descrição	Grupo de ocupação	Fator de risco de ativação
Habitações unifamiliares, multifamiliares e coletivas	A	1,25
Hotéis, pensões, pousadas, apart-hotéis e assemelhados	B	
Escola de todos os tipos, espaços para cultura física, centros de treinamento e outros	E	
Estabelecimentos comerciais e centros de compras	C	1,50
Escritórios, agências bancárias, oficinas de eletrodomésticos; laboratórios fotográficos, de análises clínicas e químicos	D	

(continua)

Descrição	Grupo de ocupação	Fator de risco de ativação
Restaurantes, lanchonetes, bares, cafés, boates, clubes, salões de baile	F-6, F-8	1,50
Locais de reunião de público, que não os anteriores	F-1 a F-11, exceto os anteriores	1,0

(continuação)

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.3.1.2 Risco de Ativação devido a Falha Humana

A determinação do risco de ativação devido às falhas humanas diz respeito somente às falhas involuntárias. Nesse caso, são considerados o treinamento dos usuários e o patrulhamento feito pelos responsáveis pela segurança para minimizar a probabilidade de ativação de um incêndio na edificação. Os fatores de risco de ativação devidos às falhas humanas involuntárias foram estabelecidos por consenso técnico e estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Risco de ativação devido a falha humana e fatores de risco de ativação

Descrição	Símbolo	Fator de risco de ativação
Usuários treinados e reciclados no treinamento ao menos uma vez por ano	A_2	1,0
Usuários treinados e reciclados no treinamento ao menos uma vez a cada dois anos		1,25
Usuários não treinados		1,75

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.3.2 Risco de Ativação devido a Qualidade das Instalações Elétricas e de Gás

Instalações elétricas e de gás defeituosas ou em estado precário podem gerar um risco de ativação de incêndio. Nesse caso, considera-se a existência de projetos de instalações elétricas e de gás executados de acordo com as normas técnicas

apropriadas. Os fatores de risco de ativação referentes à qualidade das instalações elétricas e de gás são mostrados na Tabela 21.

Tabela 21 – Qualidade das instalações elétricas e de gás e fatores de risco de ativação

Caracterização das instalações	Símbolo	Fator de risco de ativação
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; uso e manutenção regulares	A_3	1,0
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; uso inadequado (extensões sem projeto) e manutenção irregular		1,25
Instalações não projetadas segundo as normas técnicas aplicáveis		1,50

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.3.3 Risco de Ativação devido a Fenômenos Naturais

Entre os fenômenos naturais que geram risco de ativação de incêndio, estão o aquecimento espontâneo, as reações químicas e as descargas atmosféricas. No método proposto, são avaliadas somente as descargas atmosféricas, devido ao maior número de ocorrências desse fenômeno em relação aos demais. Nesse caso, considera-se a existência de projeto de segurança contra descargas atmosféricas, executado de acordo com a norma técnica específica. Os fatores de risco de ativação devido a fenômenos naturais são mostrados na Tabela 22.

Tabela 22 – Risco de ativação devido a fenômenos naturais e fatores de risco de ativação

Caracterização das instalações	Símbolo	Fator de risco de ativação
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis; manutenção regular	A_4	1,0
Instalações projetadas e executadas segundo as normas técnicas aplicáveis, manutenção irregular		1,25
Projeto inexistente		1,50

Fonte: GOUVEIA (2006).

3.4 Risco Global de Incêndio

Como visto anteriormente, a exposição ao risco é uma grandeza determinística que mede a possibilidade de ocorrência de um incêndio e para esse incêndio ser ativado existe uma determinada probabilidade, que é medida pelo risco de ativação, uma grandeza probabilística. Com isso, o risco global de incêndio (R) é determinado pelo produto entre a exposição ao risco de incêndio (E) e o risco de ativação (A), isto é, essa grandeza pode ser obtida pela equação 3.4:

$$R = E \cdot A \quad (3.4)$$

Onde:

- R é o risco global de incêndio;
- E é a exposição ao risco de incêndio e
- A é o risco de ativação.

Da mesma forma que a exposição ao risco de incêndio e a segurança contra incêndio, essa grandeza deve ser calculada para cada compartimento. Segundo GOUVEIA (2006), para uma edificação, deve-se considerar o maior risco global de incêndio associado a um de seus compartimentos; porém, no caso de um conjunto de edificações, deve-se considerar o maior risco associado a uma das edificações desse conjunto.

No caso da grandeza determinística segurança contra incêndio, esta não precisa ser ativada, pois todas as medidas de segurança existentes no compartimento são consideradas como sendo operacionais a todo o tempo. Portanto, considerando a probabilidade de ativação das medidas de segurança existentes como igual à unidade, tem-se que à grandeza determinística segurança contra incêndio (S) está associada uma grandeza probabilística, que também é denominada segurança contra incêndio (S).

3.5 Coeficiente de Segurança Contra Incêndio

A partir da obtenção das grandezas probabilísticas da segurança contra incêndio (S) e do risco global de incêndio (R), o coeficiente de segurança contra incêndio (γ) é determinado pela razão entre essas duas grandezas, isto é, o coeficiente de segurança pode ser obtido pela equação 3.5:

$$\gamma = \frac{S}{R} \quad (3.5)$$

Onde:

- γ é o coeficiente de segurança contra incêndio;
- S é a segurança contra incêndio e
- R é o risco global de incêndio.

Dessa forma, o coeficiente de segurança mede o desequilíbrio entre segurança contra incêndio e risco de incêndio. Caso o coeficiente de segurança seja superior ou igual à unidade ($\gamma \geq 1$), o compartimento apresenta uma situação favorável à segurança. De outro modo, caso o coeficiente de segurança seja inferior à unidade ($\gamma < 1$), o compartimento apresenta uma situação desfavorável quanto à segurança.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Conjunto de Edificações da Igreja São Pedro dos Clérigos em Mariana - MG

Neste trabalho foi feita uma Análise Global de Risco de Incêndio de um conjunto de três edificações sob responsabilidade da Arquidiocese de Mariana. Esse conjunto de edificações é composto pelos edifícios da Igreja São Pedro dos Clérigos, do Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira e do Seminário Nossa Senhora da Assunção. O levantamento dos dados necessários à execução dessa análise de risco foi feito no período entre os dias 25 de setembro e 24 de outubro do ano de 2019.

A Igreja São Pedro dos Clérigos (Figura 5) é um notável templo católico de arquitetura barroca localizado na Praça São Pedro, situada na Rua Dom Silvério, no município de Mariana - MG. A construção do edifício teve início entre 1752 e 1753, já sua conclusão se deu entre 1920 e 1922. A edificação que abriga a igreja apresenta uma planta inovadora, em formato circular, nave em estilo romano, tetos em forma de abóbadas e altar-mor com entalhe esculpido em madeira (PMM, s.d.). Entre os materiais combustíveis presentes nesse edifício, o principal deles é a madeira. Uma grande quantidade desse material pode ser encontrada nos pisos, forros, estruturas da cobertura, esquadrias e mobílias.

O Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira (Figura 6), fundado em 1926, é um edifício que abriga um volumoso acervo de documentos de conteúdo religioso, político, cultural e histórico. Entre os documentos presentes nesse acervo estão manuscritos e impressos, escritos, processos, testamentos, registros, cadernos, brochuras, cartas, cópias e papéis letrados (ROCHA, 2017). Além de uma quantidade significativa de papel, outro material combustível muito presente nesse edifício é a madeira, utilizada principalmente nos pisos, escadas, esquadrias e mobílias. Ainda, aparelhos eletrônicos como computadores e impressoras são utilizados nas atividades desenvolvidas nesse edifício.



Figura 5 – Igreja São Pedro dos Clérigos, em Mariana - MG (Autor, 2019).



Figura 6 – Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira, em Mariana - MG (Autor, 2019).

O Seminário Nossa Senhora da Assunção (Figura 7) é uma instituição destinada à formação de pessoas cujo objetivo é se dedicar à vida eclesial. Diferentemente dos edifícios da igreja e do arquivo, o edifício que abriga o seminário é de

construção mais recente, sendo fundado no ano de 2002. Este edifício possui menor quantidade de matérias combustíveis em relação aos outros dois. A madeira é utilizada somente na estrutura da cobertura, esquadrias e mobílias.



Figura 7 – Seminário Nossa Senhora da Assunção, em Mariana - MG (Autor, 2019).

Os edifícios da igreja e do arquivo eclesiástico são geminados, sendo o edifício do arquivo adjacente aos fundos da igreja. Um cômodo localizado aos fundos da igreja, no segundo pavimento, foi anexado ao arquivo eclesiástico e os vãos que davam acesso ao restante da igreja foram vedados. Considera-se que esses dois edifícios formam um único compartimento, pois é possível a propagação de um incêndio de um edifício para o outro pelo forro e pela estrutura da cobertura. Já o edifício do seminário é considerado como um compartimento, pois o edifício está isolado em relação aos outros dois (Figura 8), isto é, possui valores apropriados de porcentagem de áreas não protegidas externas e de afastamento com relação aos outros edifícios. Ainda, como o edifício da igreja é classificado como sendo do tipo V, logo o conjunto de edificações é considerado como sendo do tipo V.

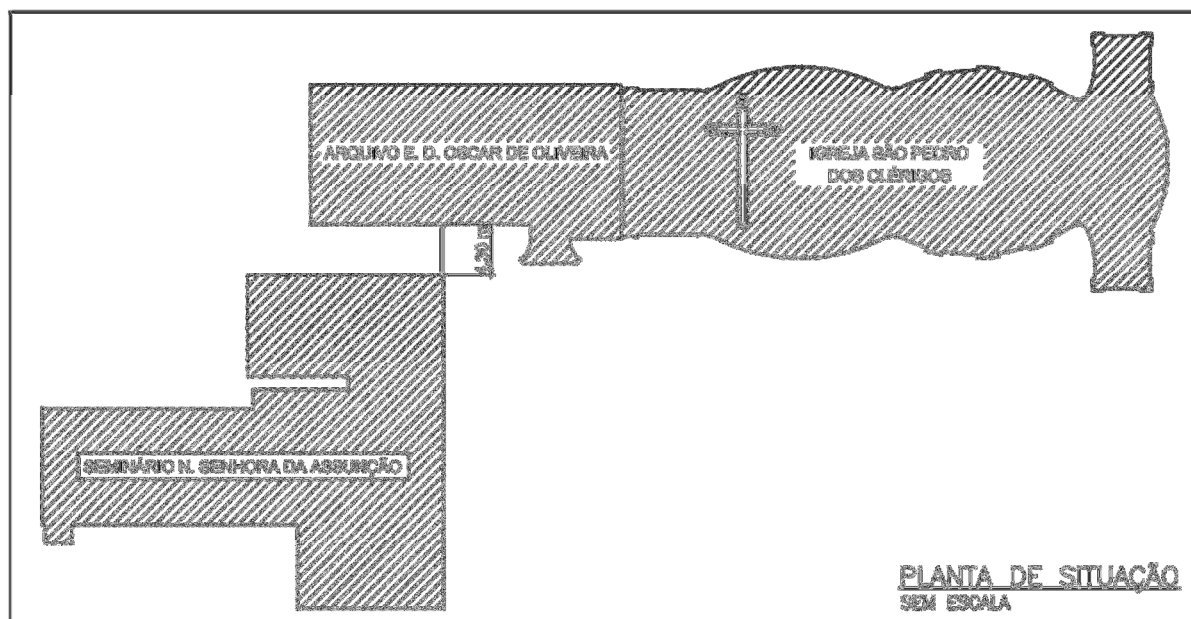


Figura 8 – Planta de Situação do Conjunto de Edificações da Igreja São Pedro dos Clérigos, em Mariana - MG (Autor, 2019).

4.2 Análise Global de Risco de Incêndio

4.2.1 Exposição ao Risco

4.2.1.1 Densidade de Carga de Incêndio

Os resultados obtidos com base no levantamento de cargas de incêndio feito no conjunto de edifícios e do cálculo da densidade de carga de incêndio dos compartimentos estão apresentados no Apêndice A. No compartimento formado pela igreja e o arquivo, a densidade de carga de incêndio calculada foi de 4.181,89 MJ/m². Já, no compartimento formado pelo seminário, a densidade de carga de incêndio calculada foi de 507,86 MJ/m². Portanto, o fator de risco f_1 para o compartimento formado pela igreja e o arquivo é igual a 1,9 e, para o compartimento formado pelo seminário, é igual a 1,3.

4.2.1.2 Altura do Compartimento

No compartimento formado pela igreja e o arquivo, a altura do piso mais afastado do nível de descarga é de 8,50 m e a profundidade do subsolo é de 2,30 m. Já no compartimento formado pelo seminário, a altura do piso mais afastado do nível de descarga é de 3,35 m e a profundidade do subsolo é de 4,25 m. Com isso, o fator de risco f_2 para o compartimento formado pela igreja e o arquivo é igual a 2,0; e, para o compartimento formado pelo seminário, é igual a 3,0.

4.2.1.3 Distância da Edificação em relação ao Corpo de Bombeiros

A distância do conjunto de edificações em relação à unidade do Corpo de Bombeiros mais próxima é de 3,1 km, ou seja, os edifícios estão próximos do Corpo de Bombeiros. Logo, para ambos os compartimentos, o fator de risco f_3 é igual a 1,25.

4.2.1.4 Condições de Acesso à Edificação

Na Praça São Pedro, localizada em frente à Igreja São Pedro dos Clérigos, existe um hidrante público que está situado a até 75 m de qualquer um dos edifícios desse conjunto de edificações. O compartimento formado pela igreja e o arquivo tem duas fachadas de acesso da viatura do Corpo de Bombeiros, sendo esse compartimento considerado como de acesso restrito. Para o compartimento formado pelo seminário, a viatura tem acesso a apenas uma fachada, portanto esse compartimento é de difícil acesso. Com isso, para o primeiro compartimento, o fator de risco f_4 é igual a 1,25; enquanto que, para o segundo compartimento, esse fator é igual a 1,6. Neste caso, para ambos os compartimentos, estão sendo consideradas viaturas de pequeno porte, caso contrário somente a fachada principal da igreja serviria como acesso.

4.2.1.5 Perigo de Generalização

A partir da análise dos elementos construtivos de ambos os compartimentos, foi verificada a presença de características favoráveis ao isolamento de risco nas paredes externas, fachadas, empenas e coberturas. Com isso, a situação de perigo de generalização de incêndio considerada para ambos os compartimentos foi a situação I, isto é, o fator de risco f_5 é igual a 1,0.

4.2.1.6 Importância Específica da Edificação

O espaço público da Praça São Pedro, onde o conjunto de edificações em análise está localizado, é tombado pelo IPHAN devido ao seu valor histórico-cultural. Portanto, considerou-se que os edifícios desse conjunto são tombados pela União e adotou-se um fator de risco f_6 igual a 1,7 para ambos os compartimentos.

4.2.1.7 Cálculo da Exposição ao Risco

Após a obtenção dos fatores de risco, é possível calcular a exposição ao risco de incêndio (E). Para o compartimento formado pela igreja e o arquivo, a exposição ao risco é calculada a seguir:

$$E = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \cdot f_6 = 1,9 \cdot 2,0 \cdot 1,25 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,7 = 10,09$$

Da mesma forma, para o compartimento formado pelo seminário, a exposição ao risco é calculada a seguir:

$$E = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \cdot f_6 = 1,3 \cdot 3,0 \cdot 1,25 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,7 = 13,26$$

4.2.2 Segurança Contra Incêndio

4.2.2.1 Medidas Sinalizadoras

Tanto o compartimento formado pela igreja e o arquivo quanto o compartimento formado pelo seminário não apresentam alarmes de incêndio nem detectores de calor e fumaça. Portanto, não serão considerados fatores de segurança para medidas sinalizadoras.

4.2.2.2 Medidas Extintivas

O compartimento formado pela igreja e o arquivo possui aparelhos extintores (Figura 9), sendo 10 aparelhos localizados no edifício da igreja e três no arquivo. Já o compartimento formado pelo seminário não possui aparelhos extintores. Ainda, ambos os compartimentos não apresentam sistema fixo de gases, brigada de incêndio ou instalações de chuveiros automáticos. Logo, será considerado o fator de segurança para aparelhos extintores ($s_4 = 1,0$) para o compartimento formado pela igreja e o arquivo.



(a) Aparelho extintor de pó químico encontrado na igreja.



(b) Aparelho extintor de água pressurizada encontrada no arquivo.

Figura 9 – Aparelhos extintores encontrados na Igreja São Pedro dos Clérigos (a) e no Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira (b), em Mariana - MG (Autor, 2019).

4.2.2.3 Medidas de Infraestrutura

O conjunto de edifícios possui um sistema de hidrantes externo à edificação com abastecimento por meio de reservatório público (Figura 10). Apesar de o método

proposto considerar somente sistemas de hidrantes internos à edificação, conforme apresentado na Tabela 15, considera-se neste trabalho que os valores dos fatores de segurança para os sistemas de hidrantes internos e externos são iguais. Com isso, para o conjunto de edifícios, foi considerado o fator de segurança para um sistema de hidrantes público interno às edificações ($s_9 = 6,0$).



(a) Hidrante com tampa fechada.



(b) Hidrante com tampa aberta.

Figura 10 – Hidrante (tampa fechada (a) e tampa aberta (b)) encontrado na Praça São Pedro, em Mariana - MG (Autor, 2019).

4.2.2.4 Medidas Estruturais

Em vista da presença de materiais combustíveis em parte dos forros e da estrutura da cobertura do conjunto de edifícios e da inviabilidade da execução de ensaios para a determinação da resistência ao fogo dos elementos construtivos dos compartimentos, foi considerada a menor faixa de resistência ao fogo da Tabela 16, favorecendo a segurança contra incêndio das edificações. Com isso, para ambos os

compartimentos, foi considerado o fator de segurança para uma resistência ao fogo maior ou igual a 30 min ($s_{12} = 1,0$).

4.2.2.5 Medidas Políticas

Este conjunto de edifícios não apresenta planta de risco, planos de intervenção ou planos de escape. O compartimento formado pelo seminário possui sinalização das saídas de emergência e rotas de fuga (Figura 11), porém a sinalização não foi dimensionada conforme a instrução técnica específica. Já o compartimento formado pela igreja e o arquivo não possui sinalização de saídas de emergência e rotas de fuga. Com isso, será considerado o fator de segurança para sinalização de saídas de emergência e rotas de fuga ($s_{19} = 1,0$) para o compartimento formado pelo seminário.



(a) Placa de saída de emergência encontrada no seminário.



(b) Placa de rota de fuga encontrada no seminário.

Figura 11 – Placas de sinalização das saídas de emergência (a) e rotas de fuga (b) encontradas no Seminário Nossa Senhora da Assunção, em Mariana - MG (Autor, 2019)

4.2.2.6 Cálculo da Segurança Contra Incêndio

Após a obtenção dos fatores de segurança, é possível calcular a segurança contra incêndio (S). Para o compartimento formado pela igreja e o arquivo, a segurança contra incêndio é calculada a seguir:

$$S = s_1 \cdot s_2 \cdot (\dots) \cdot s_n = s_4 \cdot s_9 \cdot s_{12} = 1,0 \cdot 6,0 \cdot 1,0 = 6,0$$

Da mesma forma, para o compartimento formado pelo seminário, a segurança contra incêndio é calculada a seguir: (...)

$$S = s_1 \cdot s_2 \cdot (\dots) \cdot s_n = s_9 \cdot s_{12} \cdot s_{19} = 6,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 6,0$$

4.2.3 Risco de Ativação

4.2.3.1 Risco de Ativação oriundo da Natureza da Ocupação

As operações desenvolvidas, tanto no compartimento formado pela igreja e o arquivo quanto no compartimento formado pelo seminário, envolvem temperaturas inferiores a 40°C. Segundo este critério, o fator de risco de ativação para ambos os compartimentos é igual a 1,0. Ainda, levando em conta o tipo de ocupação dos edifícios, o primeiro compartimento é considerado como um local de reunião de público e o segundo como uma escola. Com isso, o fator de risco de ativação, para esses dois compartimentos, é igual a 1,0 e 1,25, respectivamente.

Neste trabalho, considerando a situação mais desfavorável, o fator de risco de ativação A_1 adotado para o compartimento formado pela igreja e o arquivo é igual a 1,0, enquanto que, para o compartimento formado pelo seminário, será adotado um fator A_1 igual a 1,25.

4.2.3.2 Risco de Ativação devido a Falha Humana

Os usuários de ambos os compartimentos não possuem treinamento para a segurança contra incêndio. Logo, o fator de risco de ativação A_2 é igual a 1,75, tanto

para o compartimento formado pela igreja e o arquivo quanto o compartimento formado pelo seminário.

4.2.3.3 Risco de Ativação devido a Qualidade das Instalações Elétricas e de Gás

Os edifícios do conjunto em análise possuem projetos de instalações elétricas de acordo com as normas técnicas aplicáveis. Quanto às instalações de gás, o edifício da igreja não apresenta instalações e o arquivo possui instalações de gás de acordo com as normas técnicas. Porém, as instalações de gás presentes no seminário não estão em conformidade com as normas técnicas. Logo, o fator de risco de ativação A_3 será igual a 1,0 para o compartimento formado pela igreja e pelo arquivo e, para o compartimento formado pelo seminário, o fator A_3 será igual a 1,50.

4.2.3.4 Risco de Ativação devido a Fenômenos Naturais

O compartimento formado pela igreja e pelo arquivo possui projeto de segurança contra descargas atmosféricas de acordo com as normas técnicas aplicáveis. Enquanto isso, o edifício do seminário não possui uma instalação de segurança contra descargas. Portanto, o fator de risco de ativação A_4 adotado para o compartimento formado pela igreja e o arquivo é igual a 1,0, enquanto que, para o compartimento formado pelo seminário, será adotado um fator A_4 igual a 1,50.

4.2.3.5 Cálculo do Risco de Ativação

O risco de ativação (A) para ambos o compartimento formado pela igreja e o arquivo é calculado a seguir:

$$A = A_1 \cdot A_k = A_1 \cdot A_2 = 1,0 \cdot 1,75 = 1,75$$

Do mesmo modo, para o compartimento formado pelo seminário, o risco de ativação é calculado a seguir:

$$A = A_1 \cdot A_k = A_1 \cdot A_2 = 1,25 \cdot 1,75 = 2,19$$

4.2.4 Risco Global de Incêndio

Após a obtenção da exposição ao risco e do risco de ativação, é possível calcular o risco global de incêndio (R). Para o compartimento formado pela igreja e o arquivo, o risco global é calculado a seguir:

$$R = E \cdot A = 10,09 \cdot 1,75 = 17,66$$

Da mesma forma, para o compartimento formado pelo seminário, o risco global é calculado a seguir:

$$R = E \cdot A = 13,26 \cdot 2,19 = 29,04$$

Com isso, é possível observar que o risco global de incêndio é maior no compartimento formado pelo seminário, embora a densidade de carga de incêndio do compartimento formado pela igreja e pelo arquivo seja muito superior à densidade calculada para o seminário. Isto ocorre, pois o edifício do seminário possui um subsolo com uma profundidade relativamente alta e apresenta condições desfavoráveis de acesso da viatura do Corpo de Bombeiros. Além disso, por apresentar um risco de ativação maior, devido à sua ocupação, o risco global de incêndio no compartimento formado pelo seminário se torna ainda maior.

4.2.5 Coeficiente de Segurança

No caso de um conjunto de edificações, deve-se considerar o maior risco global referente a um dos compartimentos desse conjunto. Portanto, para o cálculo do coeficiente de segurança (γ), será considerado o risco global de incêndio do compartimento formado pelo seminário. Logo, o coeficiente de segurança para o conjunto de edificações é calculado a seguir:

$$\gamma = \frac{S}{R} = \frac{6,0}{29,04} = 0,21$$

4.3 Análise dos Resultados

Através da aplicação do método de Análise de Risco Global de Incêndio de GOUVEIA (2006) no conjunto de edificações da Arquidiocese de Mariana, o valor do coeficiente de segurança encontrado foi de 0,21. Como o valor calculado é inferior à unidade ($\gamma < 1$), o conjunto apresenta uma situação desfavorável quanto à segurança. Desse modo, é possível concluir que é necessária a adoção de mais medidas de segurança, a fim de dificultar o desenvolvimento e a propagação de um eventual incêndio e aumentar o coeficiente de segurança até que este seja superior à unidade.

O conjunto de edificações analisados apresenta algumas características que favorecem o combate a incêndio, como a proximidade do conjunto em relação à unidade do Corpo de Bombeiros, baixo perigo de generalização de incêndio e tombamento feito pela União. Porém, algumas características desse conjunto dificultam o combate a incêndio como o alto valor de densidade de carga de incêndio e a elevada altura do compartimento, principalmente no compartimento formado pela igreja e o arquivo. Além de que, as condições de acesso da viatura do Corpo de Bombeiros não favorecem o combate a incêndio. Levando em consideração o acesso de viaturas de pequeno porte, o compartimento formado pela igreja e o arquivo considerado como restrito e o compartimento formado pelo seminário é de difícil acesso.

A partir das visitas feitas ao conjunto de edifícios foi possível observar a existência de medidas de segurança, como a presença de um hidrante externo ao conjunto e com abastecimento público, além de aparelhos extintores no compartimento formado pela igreja e o arquivo. Com relação à resistência ao fogo dos elementos construtivos, foi considerada a menor resistência ao fogo, favorecendo a segurança das edificações do conjunto. Porém, a ausência de medidas sinalizadoras e medidas políticas desfavorecem a segurança contra incêndio dos edifícios. Ainda, não foram observadas medidas extintivas no compartimento formado pelo seminário. Dessa forma, é possível verificar que não é

atendida a condição estabelecida por Gouveia (2006), segundo a qual é necessária a adoção de uma medida de segurança de cada tipo.

A partir da constatação da necessidade de adoção de mais medidas de segurança, devido ao baixo valor do coeficiente de segurança, e da exigência de que haja pelo menos uma medida de segurança de cada tipo, foi escolhido um conjunto de medidas, entre os vários conjuntos possíveis, que atendem a esses dois requisitos. Como mostrado na Tabela 23, foram adotadas as seguintes medidas: alarme de incêndio manual, detector de calor e fumaça automático, aparelhos extintores, sistema de hidrantes com reservatório público, resistência ao fogo de 30 min, planta de risco, plano de escape e sinalização das saídas de emergência e das rotas de fuga. Com isso, o coeficiente de segurança passou a ter um valor de 1,12. Dessa forma, com o novo valor do coeficiente de segurança superior à unidade e a adoção de medidas de segurança de todos os tipos, é possível afirmar que o conjunto de medidas propostas para as edificações da Arquidiocese de Mariana é suficiente para satisfazer o critério de segurança.

4.4 Memória de Cálculo

Os resultados obtidos com a aplicação do método de Análise Global de Risco de Incêndio, proposto por Gouveia (2006), ao conjunto de edificações em questão, estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – Memória de cálculo

Análise Global de Risco de Incêndio	
Memória de Cálculo	
Cálculo do Risco	
Edificação: Conjunto de Edificações da Arquidiocese de Mariana: Igreja São Pedro dos Clérigos, Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira e Seminário Nossa Senhora da Assunção	Tipo: V
Localização: Praça São Pedro, Rua Dom Silvério s/ n.º, Mariana - MG	

(continua)

Análise Global de Risco de Incêndio				
Memória de Cálculo				
Cálculo do Risco				
Densidade de Carga de Incêndio (MJ/m²)	q = 507,86		f ₁ = 1,3	
Altura do Compartimento (m)	H = 3,35		f ₂ = 3,0	
Profundidade do Piso de Subsolo (m)	S = 4,25			
Distância do Corpo de Bombeiros (km)	D = 3,1		f ₃ = 1,25	
Condições de Acesso			f ₄ = 1,6	
Perigo de Generalização			f ₅ = 1,0	
Importância Específica da Edificação			f ₆ = 1,7	
Exposição ao Risco de Incêndio: E = f ₁ . f ₂ . f ₃ . f ₄ . f ₅ . f ₆ = 13,26				
Cálculo do Risco				
Risco de Ativação	A ₁ = 1,25		A = A ₁ . A _k A = 2,19	Risco Global de Incêndio: R = E . A R = 29,04
	A _k = 1,75			
Medidas de Segurança				
Descrição			Medidas Encontradas	Medidas Propostas
Alarme de incêndio manual	S ₁	1,5	—	1,5
Detector de calor e fumaça	S ₂	2,0	—	—
Detector de calor e fumaça automático	S ₃	3,0	—	3,0
Aparelhos extintores	S ₄	1,0	—	1,0
Sistemas fixos de gases	S ₅	6,0	—	—
Brigada de incêndio - plantão expediente	S ₆	8,0	—	—
Brigada de incêndio - plantão permanente	S ₇	8,0	—	—
Chuveiros automáticos internos	S _{8a}	10,0	—	—
Chuveiros automáticos externos	S _{8b}	6,0	—	—
Hidrantes - reservatório público	S ₉	6,0	6,0	6,0
Hidrantes - reservatório particular	S ₁₀	6,0	—	—
Reserva de água	S ₁₁	1,0	—	—
Resistência ao fogo ≥ 30 min	S ₁₂	1,0	1,0	1,0
Resistência ao fogo ≥ 60 min	S ₁₃	2,0	—	—
Resistência ao fogo ≥ 90 min	S ₁₄	3,0	—	—
Resistência ao fogo ≥ 120 min	S ₁₅	4,0	—	—
Planta de risco	S ₁₆	1,0	—	1,0
Plano de intervenção	S ₁₇	1,2	—	—
Plano de escape	S ₁₈	1,2	—	1,2
Sinalização das saídas de emergência e das rotas de fuga	S ₁₉	1,0	1,0	1,0

(continuação)

Análise Global de Risco de Incêndio			
Memória de Cálculo			
Segurança	S	6,00	32,40
Risco Global de Incêndio	R	29,04	29,04
Coeficiente de Segurança	Y	0,21	1,12

(continuação)

Fonte: Autor (2019).

5 CONCLUSÃO

A partir deste trabalho foi possível concluir que a realização de uma análise de risco de incêndio da edificação, sobretudo em edificações históricas, é essencial para auxiliar o projetista na escolha das melhores medidas de segurança a serem adotadas a fim de reduzir o risco de incêndio a um valor aceitável. Desse modo, esse trabalho destaca a importância da análise de risco para a prevenção de incêndios.

Pela aplicação do método de Análise de Risco Global de Incêndio, proposto pelo Prof. Antônio Maria Claret Gouveia, no conjunto de edificações da Arquidiocese de Mariana, durante o período entre os dias 25 de setembro e 24 de outubro do ano de 2019, verifica-se que as medidas de segurança adotadas são insuficientes para garantir a segurança contra incêndio dos edifícios. Portanto, é possível concluir que é necessária a implementação de mais medidas de segurança nesse conjunto.

Um conjunto de medidas de segurança, incluindo pelo menos uma medida de cada tipo, foi proposto para os edifícios da Arquidiocese de Mariana. Caso esse conjunto de medidas fosse adotado, o critério de segurança seria satisfeito, ou seja, haveria uma probabilidade máxima aceitável de ocorrência de um incêndio nesse conjunto de edificações.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

A partir da realização da análise de risco de incêndio no conjunto de edificações analisado nesse trabalho, ficou evidente a necessidade de adoção de mais medidas de segurança. Outro conjunto de medidas, além daquele proposto no trabalho, poderia ser concebido para atender ao critério de segurança. Além disso, as medidas de segurança escolhidas poderiam ser dimensionadas conforme as instruções técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG).

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **Glossário de Termos Relacionados com a Segurança Contra Incêndio**. NBR 13860. Rio de Janeiro, 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações - Procedimento**. NBR 14432. Rio de Janeiro, 2001.

BUCHANAN, A. H. **Fire Engineering Design Guide**. Christchurch: Centre for Advanced Engineering. Nova Zelândia, 1994.

Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBSP). **Resistência ao Fogo dos Elementos de Construção**. IT 08. São Paulo, 2011.

DECRETO 43805. **Decreto Nº 43805, de 17 de Maio de 2004**. Governo do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

GOUVEIA, A. M. C. **Análise de Risco de Incêndio em Sítios Históricos**. IPHAN / Programa Monumenta. Brasília, 2006.

IPHAN. **Salvaguarda do Patrimônio**. IPHAN / Programa Monumenta. Brasília, 2008.

MOREIRA, P. E. R. **Reação ao Fogo dos Materiais e Tempo de Escape em Edifícios de Centros Comerciais no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2002.

ONO, R. **Proteção do Patrimônio Histórico-Cultural Contra Incêndio em Edificações de Interesse de Preservação**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP). Palestra apresentada na Fundação Casa de Rui Barbosa, Rio de Janeiro, 2004.

PMM. **Igreja São Pedro dos Clérigos**. Prefeitura Municipal de Mariana. Mariana, s.d.

ROCHA, D. G. L. **Arquivo Eclesiástico “Dom Oscar de Oliveira”**. Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira. Mariana, 2017.

SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; DEL CARLO, U. e SILVA, V. P. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. Projeto Editora. São Paulo, 2008.

Swiss Federation of Engineers and Architects (Federação Suíça de Engenheiros e Arquitetos). **Method for Fire Safety Evaluation (Método para Avaliação de Segurança Contra Incêndio)**. *Documentation 81* (Documentação 81, SIA-81). Zurique (Suíça), 1981.

APÊNDICE A

A.1 Levantamento de Cargas de Incêndio

Igreja de São Pedro dos Clérigos - Mariana/MG			
Item	Ambiente	Material	Carga de Incêndio (MJ)
1	Galilé	Madeira	1.571,92
2	Torres	Madeira	71.825,42
3	Coro	Madeira	35.471,17
4	Nave	Madeira	199.029,47
5	Capela-mor	Madeira	947.933,67
6	Tribunas	Madeira	214.054,11
7	Corredores Laterais	Madeira	116.078,15
8	Sacristia	Madeira	154.960,09
9	Sacristia	Papel	6.658,50
10	Sacristia	Tecido	20.177,40
11	Depósito	Madeira	8.556,58
12	Cobertura	Madeira	2.378.944,70
Total			4.155.261,18

Arquivo Eclesiástico Dom Oscar de Oliveira - Mariana/MG			
Item	Ambiente	Material	Carga de Incêndio (MJ)
1	Subsolo	Madeira	6.080,00
2	Subsolo	Papel	27.116,07
3	1º Pavimento	Madeira	293.366,72
4	1º Pavimento	Papel	128.922,57
5	1º Pavimento	PVC	1.606,27
6	2º Pavimento	Madeira	153.253,18
7	2º Pavimento	Papel	281.663,02
8	1º e 2º Pavimentos	Objetos / Aparelhos Eletrônicos	4.805,00
9	Cobertura	Madeira	46.188,54
Total			943.001,37

Seminário Nossa Senhora da Assunção - Mariana/MG			
Item	Ambiente	Material	Carga de Incêndio (MJ)
1	Subsolo	Madeira	22.735,75
2	1º Pavimento	Madeira	119.582,55
3	2º Pavimento	Madeira	312.059,78
4	1º e 2º Pavimentos	Espuma de Poliuretano	2.918,92
5	1º e 2º Pavimentos	PVC	16.416,92
6	1º e 2º Pavimentos	Objetos / Aparelhos Eletrônicos	12.081,50
7	Cobertura	Madeira	92.338,79
8	Cobertura	Polietileno (Manta Térmica)	267,10
Total			578.401,31

A.2 Cálculo das Densidades de Carga de Incêndio

Cálculo da densidade de carga de incêndio			
Compartimento	Área de Piso (m²)	Carga de Incêndio (MJ)	Densidade de Carga de Incêndio (MJ/m²)
Igreja e Arquivo	1.219,13	5.098.262,55	4.181,89
Seminário	1.138,91	578.401,31	507,86

ANEXO I

I.1 Classificação das Edificações quanto à sua Ocupação

Tabela de Classificação das Edificações e Áreas de Risco quanto à sua Ocupação

Grupo	Ocupação / Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas) e condomínios horizontais.
		A-2	Habitação multifamiliar	Edifícios de apartamento em geral.
		A-3	Habitação coletiva	Pensionatos, internatos, alojamentos, mosteiros, conventos, residências geriátricas. Capacidade máxima de 16 leitos, sem acompanhamento médico.
B	Serviço de Hospedagem	B-1	Hotel e assemelhado	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, pousadas, albergues, casas de cômodos e divisão A3 com mais de 16 leitos, e assemelhados.
		B-2	Hotel residencial	Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis, hotéis residenciais) e assemelhados.
C	Comercial	C-1	Comércio com baixa carga de incêndio	Armarinhos, artigos de metal, louças, artigos hospitalares e outros.
		C-2	Comércio com média e alta carga de incêndio	Edifícios de lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros.
		C-3	<i>Shopping's centers</i>	Centro de compras em geral (<i>shopping centers</i>).

(continua)

Grupo	Ocupação / Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
D	Serviço profissional	D-1	Local para prestação de serviço profissional ou condução de negócios	Escritórios administrativos ou técnicos, instituições financeiras (que não estejam incluídas em D-2), repartições públicas, cabeleireiros, centros profissionais e assemelhados.
		D-2	Agência bancária	Agências bancárias e assemelhados.
		D-3	Serviço de reparação (exceto os classificados em G-4)	Lavanderias, assistência técnica, reparação e manutenção de aparelhos eletrodomésticos, chaveiros, pintura de letreiros e outros.
		D-4	Laboratório	Laboratórios de análises clínicas sem internação, laboratórios químicos, fotográficos e assemelhados.
E	Educacional e cultura física	E-1	Escola em geral	Escolas de primeiro, segundo e terceiro graus, cursos supletivos e pré-universitário e assemelhados.
		E-2		Escolas de artes e artesanato, de línguas, de cultura geral, de cultura estrangeira, escolas religiosas e assemelhados.
		E-3	Espaço para cultura física	Locais de ensino e/ou práticas de artes marciais, ginástica (artística, dança, musculação e outros) esportes coletivos (tênis, futebol e outros que não estejam incluídos em F-3), sauna, casas de fisioterapia e assemelhados.
		E-4	Centro de treinamento profissional	Escolas profissionais em geral.
		E-5	Pré-escola	Creches, escolas maternas, jardins-de-infância.
		E-6	Escola para portadores de deficiências	Escolas para excepcionais, deficientes visuais e auditivos e assemelhados.

(continuação)

Grupo	Ocupação / Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
F	Local de Reunião de Público	F-1	Local onde há objeto de valor inestimável	Museus, centro de documentos históricos, bibliotecas e assemelhados.
		F-2	Local religioso e velório	Igrejas, capelas, sinagogas, mesquitas, templos, cemitérios, crematórios, necrotérios, salas de funerais e assemelhados.
		F-3	Centro esportivo e de exibição	Estádios, ginásios e piscinas com arquibancadas, rodeios, autódromos, sambódromos, arenas em geral, pista de patinação e assemelhados.
		F-4	Estação e terminal de passageiro	Estações rodoferroviárias e lacustre, portos, metrô, aeroportos, heliponto, estações de transbordo em geral e assemelhados.
		F-5	Arte cênica	Teatros em geral, cinemas, óperas, auditórios de estúdios de rádio e televisão e assemelhados.
		F-6	Clubes social e Diversão	Boates, salões de baile, restaurantes dançantes, clubes sociais, bingo, bilhares, boliche e casa de <i>show</i> e assemelhados.
		F-7	Construção provisória	Circos e assemelhados.
		F-8	Local para refeição	Restaurantes, lanchonetes, bares, cafés, refeitórios, cantinas e assemelhados.
		F-9	Recreação pública	Jardim zoológico, parques recreativos e assemelhados. Edificações permanentes.
		F-10	Exposição de objetos e animais	Salões e salas de exposição de objetos e animais, <i>show-room</i> , galerias de arte, aquários, planetários, e assemelhados. Edificações permanentes.
		F-11	Auditórios	Auditórios em geral, com palcos sem movimentação de cenários.

(continuação)

Grupo	Ocupação / Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
G	Serviço automotivo e Assemelhados	G-1	Garagem sem acesso de público e sem abastecimento	Garagens automáticas.
		G-2	Garagem com acesso de público e sem abastecimento	Garagens coletivas sem automação.
		G-3	Local dotado de abastecimento de combustível	Postos de abastecimento e serviço.
		G-4	Serviço de conservação, manutenção e reparos	Oficinas de conserto de veículos, borracharia (sem recauchutagem). Oficinas de veículos de carga e coletivos, máquinas agrícolas e rodoviárias, retificadoras de motores.
		G-5	Hangares	Abrigos para aeronaves com ou sem abastecimento.
		G-6	Garagem sem acesso de público, com abastecimento	Garagem de veículos de carga e coletivos.
H	Serviço de saúde e institucional	H-1	Hospital veterinário	Hospitais, clínicas veterinárias (inclui-se alojamento com ou sem adestramento).
		H-2	Local onde pessoas requerem cuidados especiais por limitações físicas ou mentais	Asilos, orfanatos, abrigos geriátricos, hospitais psiquiátricos, reformatórios, tratamento de dependentes de drogas, álcool. E assemelhados. Todos sem celas.
		H-3	Hospital assemelhado e	Hospitais, casa de saúde, prontos-socorros, clínicas com internação, ambulatórios e postos de atendimento de urgência, postos de saúde e puericultura e assemelhados com internação.
		H-4	Repartição pública, edificações das forças armadas e policiais	Edificações do Executivo, Legislativo e Judiciário, tribunais, cartórios, quartéis, centrais de polícia, delegacias, postos policiais e assemelhados.

(continuação)

Grupo	Ocupação / Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
H	Serviço de saúde e institucional	H-5	Local onde a liberdade das pessoas sofre restrições	Hospitais psiquiátricos, manicômios, reformatórios, prisões em geral (casa de detenção, penitenciárias, presídios) e instituições assemelhadas. Todos com celas.
		H-6	Clínica médica, odontológica e veterinária	Clínicas médicas em geral, unidades de hemodiálise, ambulatórios e assemelhados. Todos sem internação.
I	Indústria	I-1	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam baixo potencial de incêndio. Locais onde a carga de incêndio não chega a 300MJ/m ² . Para determinação da carga de incêndio observar-se-á NBR 14.432	Atividades que manipulam materiais com baixo risco de incêndio, tais como fábricas em geral, onde os processos não envolvem a utilização intensiva de materiais combustíveis (aço; aparelhos de rádio e som; armas; artigos de metal; gesso; esculturas de pedra; ferramentas; fotogravuras; joias; relógios; sabão; serralheria; suco de frutas; louças; metais; máquinas).
		I-2	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam médio potencial de incêndio. Locais com carga de incêndio entre 300 a 1.200MJ/m ² . Para determinação da carga de incêndio observar-se-á NBR 14.432	Atividades que manipulam materiais com médio risco de incêndio, tais como: artigos de vidro; automóveis, bebidas destiladas; instrumentos musicais; móveis; alimentos marcenarias, fábricas de caixas e assemelhados.
		I-3	Locais onde há alto risco de incêndio. Locais com carga de incêndio superior a 1.200MJ/m ² . Para determinação da carga de incêndio observar-se-á NBR 14.432	Fabricação de explosivos, atividades industriais que envolvam líquidos e gases inflamáveis, materiais oxidantes, destilarias, refinarias, ceras, espuma sintética, elevadores de grãos, tintas, borracha e assemelhados.

(continuação)

Grupo	Ocupação / Uso	Divisão	Descrição	Exemplos
J	Depósito	J-1	Depósitos de material incombustível	Edificações sem processo industrial que armazenam tijolos, pedras, areias, cimentos, metais e outros materiais incombustíveis.
		J-2	Todo tipo de Depósito	Depósitos com carga de incêndio até 300MJ/m². Para determinação da carga de incêndio observar-se-á NBR 14.432.
		J-3	Todo tipo de Depósito	Depósitos com carga de incêndio entre 300 a 1.200MJ/m². Para determinação de carga de incêndio de incêndio observar-se-á Instrução Técnica específica, com base na NBR 14.432.
		J-4	Todo tipo de Depósito	Depósitos onde a carga de incêndio ultrapassa a 1.200MJ/m². Para determinação da carga de incêndio observar-se-á NBR 14.432.
L	Explosivos	L-1	Comércio	Comércio em geral de fogos de artifício e assemelhados.
		L-2	Indústria	Indústria de material explosivo.
		L-3	Depósito	Depósito de material explosivo.
M	Especial	M-1	Túnel	Túnel rodoviário e lacustre, destinados a transporte de passageiros ou cargas diversas.
		M-2	Tanques ou Parque de Tanques	Edificação destinada a produção, manipulação, armazenamento e distribuição de líquidos ou gases combustíveis e inflamáveis.
		M-3	Central de comunicação e energia	Central telefônica, centros de comunicação, centrais de transmissão, de distribuição de energia e central de processamentos de dados.
		M-4	Propriedade em transformação	Locais em construção ou demolição.
		M-5	Processamento de lixo	Propriedade destinada ao processamento, reciclagem ou armazenamento de material recusado / descartado.
		M-6	Terra selvagem	Floresta, reserva ecológica, parque florestal.
		M-7	Pátio de <i>Containers</i>	Área aberta destinada a armazenamento de <i>containers</i> .

(continuação)

Fonte: Decreto 43.805/2004 do Governo do Estado de Minas Gerais.