

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Vinicius Camatti Martini

**ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO: ESTUDO APLICADO A
UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR
HABITADA IRREGULARMENTE NA CIDADE DE PORTO
ALEGRE/RS**

Porto Alegre

Outubro 2022

VINICIUS CAMATTI MARTINI

**ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO: ESTUDO APLICADO À
UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR
HABITADA IRREGULARMENTE NA CIDADE DE PORTO
ALEGRE/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Ângela Gaio Graeff
Coorientador: Alessandro Simas Franchetto

Porto Alegre

Outubro 2022

VINICIUS CAMATTI MARTINI

**ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO: ESTUDO APLICADO À
UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR
HABITADA IRREGULARMENTE NA CIDADE DE PORTO
ALEGRE/RS**

Porto Alegre, outubro de 2022

Profa. Ângela Gaio Graeff (UFRGS)
Ph.D. pela Universidade de Sheffield
Orientadora

Eng. Alessandro Simas Franchetto (UFRGS)
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Coorientador

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ângela Gaio Graeff (UFRGS)
Ph.D. pela Universidade de Sheffield
Orientadora

Eng. Alessandro Simas Franchetto (UFRGS)
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Coorientador

Arq. Morgane Bigolin (UFRGS)
Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Felipe Gabbardo Gomes (UFRGS)
Pós-Graduando pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, Ana e Amaro, por tanto empenho em ajudarem a tornar esse sonho possível.
Nada disso seria possível sem vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ana e Amaro, por terem dedicado ao máximo seus esforços para garantir que esse objetivo fosse cumprido, fazendo tudo que estivesse ao alcance para tornar esse sonho possível. Agradeço pela paciência, carinho e compreensão ao longo desses trabalhosos anos.

Agradeço à minha namorada, Marina, por ser minha fonte de força e confiança em todos os momentos que precisei, por toda a paciência, empenho e carinho, por nunca ter me deixado desistir e por ter caminhado ao meu lado até aqui, tornando tudo mais fácil. Agradeço por ser minha companheira de vida e traçar comigo esse sonho.

Agradeço aos meus familiares, em especial às minhas avós, Ana e Helena, por todo o carinho dado ao longo da minha graduação, pelo apoio incondicional e por serem minha inspiração de vida. Agradeço aos meus avós, Claudino e Ruy, que não estão mais presentes mas sei que estariam orgulhosos em ver esse objetivo cumprido.

Agradeço à professora Ângela Graeff, orientadora deste trabalho, pela paciência, pelo aprendizado e por ter despertado em mim o interesse na área de segurança contra incêndio.

Agradeço ao Engenheiro Alessandro Simas Franchetto, coorientador deste trabalho, pela atenção, paciência, apoio e pelos conhecimentos compartilhados.

Agradeço aos meus colegas de faculdade, em especial aos frequentadores do saudoso República 286, pelo companheirismo e experiências vividas ao longo da graduação.

Agradeço aos meus amigos de vida, que sempre estiveram comigo nos momentos em que precisei de apoio, e diversas vezes me ajudaram sem nem perceber.

Agradeço aos meus colegas de estágio, em especial aos meus gestores, pelas experiências e aprendizados passados e por me tornar um profissional mais capacitado.

Agradeço à Eliane e ao Rivelino, representantes da Cooperativa 02 de Junho, por todo o carinho, disponibilidade e interesse em abrir a história de vocês para a elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por ter feito parte da minha formação pessoal e profissional, e por ter marcado um momento muito especial da minha vida.

RESUMO

Os estudos dos conceitos por trás da segurança contra incêndio avançaram, em sua maioria, após a ocorrência de grandes tragédias na história da humanidade. No entanto, a legislação vigente o faz de maneira prescritiva, necessitando de um maior aprofundamento levando em conta as particularidades de cada situação a ser analisada. Diversos métodos internacionais que têm por base a análise por desempenho foram desenvolvidos para quantificar o risco de incêndio de uma edificação, visando facilitar a identificação dos fatores mais agravantes na probabilidade de ocorrência de um sinistro, auxiliando na instauração de medidas de proteção e combate. Neste trabalho foram apresentados os métodos de análise de risco mais comuns, e desenvolvido o julgado mais adequado para a análise de risco de incêndio do objeto de estudo, detalhando o método e o seu processo de aplicação. Nesse caso, o método escolhido foi o método FRAME, que analisou o risco de incêndio para o edifício e seu conteúdo e para seus ocupantes. O objeto de estudo em questão é uma edificação residencial multifamiliar habitada irregularmente na cidade de Porto Alegre, que foi projetada originalmente para atender fins comerciais e hoje é habitada por mais de 50 famílias, que adequaram o uso da edificação para atender as demandas de moradia, trazendo uma série de agravantes ao risco de incêndio no local. Após a descrição do método e a apresentação do edifício e suas características, foi realizada a aplicação do método FRAME no objeto de estudo considerando três cenários: o existente atualmente, o cenário ideal em que há um Projeto de Prevenção e Proteção Contra Incêndio (PrPCI) do edifício aprovado no Corpo de Bombeiros sem a necessidade do uso de medidas compensatórias e o cenário onde há um Projeto de Prevenção e Proteção Contra Incêndio do edifício aprovado no Corpo de Bombeiros com o uso de medidas compensatórias. Com os resultados foi possível notar que a implementação das medidas previstas diminuiu consideravelmente o risco de incêndio para o edifício, mas não teve efeito na mesma grandeza considerando o risco de incêndio para seus ocupantes. Além disso, o uso de medidas compensatórias manteve o risco reduzido em comparação ao cenário existente atualmente, e a comparação entre os cenários permitiu observar quais fatores têm mais relevância nos resultados obtidos, apresentando um maior efeito dos meios de detecção e combate na determinação do risco de incêndio do objeto estudado.

Palavras-chave: Segurança Contra Incêndio. Legislação. Método Semiquantitativo. FRAME.

Análise de risco. Medidas Compensatórias.

ABSTRACT

The studies of fire safety advanced, mostly, after the occurrence of great tragedies in human history. However, the current legislation does this studies in a prescriptive way, requiring a deeper investigation, taking into account the particularities of each situation. Several international methods based on performance analysis were developed to quantify the risk of fire in a building, in order to facilitate the identification of the most aggravating factors in the probability of an accident, assisting to implement preventive measures. In this monography, were presented the most common methods of risk analysis, and the most appropriate one for the object of study was developed, detailing the method and its application process. In this case, the method chosen was the FRAME one, which analyzed the risk for the building and for their occupants. The object of study in question is a multifamily residential building inhabited irregularly in Porto Alegre, which was originally designed to serve commercial purposes and is now inhabited by more than 50 families, who adapted the use of the building to the housing demands, bringing a series of aggravating factors to the risk of fire in the place. After describing the method and presenting the building and its characteristics, the FRAME method was applied to the object of study considering three scenarios: the currently existing one, the ideal scenario in which there is a Fire Prevention and Protection Project approved in the building without the use of compensatory measures and the scenario where there is a Fire Prevention and Protection Project approved in the building with the use of compensatory measures. With the results, it was possible to realize that the implementation of the prevention measures considerably reduced the risk of fire for the building, but did not have the same effect on the risk of fire for its occupants. Furthermore, the use of compensatory measures kept the risk reduced compared to the current scenario, and the comparison between the scenarios made it possible to observe which factors were more relevant in the results obtained, presenting a bigger effect of the detection and combat measures in the determination of the risk of fire of the studied object.

Keywords: Risk Analysys. FRAME. Compensatory Measures. Fire Risk. Fire Prevention.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Diagrama de pesquisa..... | 19 |
| Figura 2 – Retângulo equivalente do fator de área (g) | 33 |
| Figura 3 – Dimensões em relação a fachada de acesso do edifício | 34 |
| Figura 4 – Definição do subfator E | 35 |
| Figura 5 – Definição do subfator K | 36 |
| Figura 6 – Mapa da localização do edifício | 55 |
| Figura 7 – Foto da fachada frontal do edifício | 55 |
| Figura 8 – Planta baixa do 1º pavimento | 57 |
| Figura 9 – Planta baixa do 2º pavimento | 57 |
| Figura 10 – Área comum da edificação | 58 |
| Figura 11 – Área comum da edificação | 58 |
| Figura 12 – Área comum da edificação | 59 |
| Figura 13 – Instalações hidráulicas improvisadas nas fachadas | 60 |
| Figura 14 – Instalações hidráulicas a mostra nos apartamentos | 60 |
| Figura 15 – Instalações elétricas em inconformidade | 62 |
| Figura 16 – Instalações elétricas em inconformidade | 62 |
| Figura 17 – Instalações elétricas em inconformidade | 63 |
| Figura 18 – Comprimento teórico | 67 |
| Figura 19 – Altura da edificação até o piso do terraço | 69 |
| Figura 20 – Tempo de intervenção do Corpo de Bombeiros mais próximo | 75 |
| Figura 21 – Resultados para o cenário existente | 82 |
| Figura 22 – Resultados para o cenário com PPCI completo | 83 |
| Figura 23 – Resultados para o cenário com medidas compensatórias | 84 |
| Figura 24 – Risco de incêndio para os cenários estudados | 85 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Carga de incêndio mobiliária | 29 |
| Tabela 2 – Carga de incêndio imobiliária | 30 |
| Tabela 3 – Subfator aumento de temperatura | 31 |
| Tabela 4 – Dimensão média do material combustível | 32 |
| Tabela 5 – Classe de reação ao fogo dos materiais | 32 |
| Tabela 6 – Fatores de ativação | 38 |
| Tabela 7 – Fator de mobilidade p | 41 |
| Tabela 8 – Número estimado de pessoas Noc | 41 |
| Tabela 9 – Fator de dependência d | 44 |
| Tabela 10 – Subfatores de abastecimento de água | 46 |
| Tabela 11 – Subfatores de proteção normal | 47 |
| Tabela 12 – Subfatores de proteção especial | 48 |
| Tabela 13 – Subfatores de evacuação | 51 |
| Tabela 14 – Subfatores de salvamento | 53 |
| Tabela 15 – Número de extintores por pavimento | 61 |
| Tabela 16 – Número de habitantes por pavimento | 64 |
| Tabela 17 – Risco potencial | 70 |
| Tabela 18 – Relação Noc/nup | 72 |
| Tabela 19 – Risco aceitável | 74 |
| Tabela 20 – Nível de proteção | 78 |
| Tabela 21 – Atendimento às medidas de segurança | 79 |

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ARICA – Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos

BFSEM – *Building Fire Safety Engineering Method*

CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo

CBMRS – Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul

CBMSP – Corpo de Bombeiros Militar de São Paulo

COESPCCI – Conselho Estadual de Segurança, Prevenção e Proteção Contra Incêndio

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

CRISP – *Computation of Risk Indices by Simulation Procedures*

ERIC – *Évaluation du Risque Incendie Calculé*

FRAME – *Fire Risk Assessment Method for Engineering*

FRIM – *Fire Risk Index Method*

IPERGS – Instituto de Previdência do Estado do Rio Grande do Sul

IRB – Instituto de Resseguros do Brasil

IT – Instrução Técnica

LC – Lei Complementar

NBR – Norma Brasileira Aprovada pela ABNT

NFPA – *National Fire Protection Association*

OAB – Ordem dos Advogados do Brasil

PGE – Procuradoria Geral do Estado

PPCI – Plano de Prevenção e Proteção Contra Incêndio

PrPCI – Projeto de Prevenção e Proteção Contra Incêndio

RT – Resolução Técnica

SCI – Segurança Contra Incêndio

SIA – *Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes*

SSP – Secretaria de Segurança Pública

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

m – metro

m² – metro quadrado

MJ/m² - megajoule por metro quadrado

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 | DIRETRIZES DA PESQUISA | 18 |
| 2.1 | QUESTÃO DA PESQUISA | 18 |
| 2.2 | OBJETIVOS DA PESQUISA..... | 18 |
| 2.3 | PREMISSA | 18 |
| 2.4 | DELIMITAÇÕES | 19 |
| 2.5 | LIMITAÇÕES..... | 19 |
| 2.6 | DELINEAMENTO | 19 |
| 3 | ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO | 21 |
| 3.1 | MÉTODOS QUALITATIVOS | 22 |
| 3.2 | MÉTODOS QUANTITATIVOS | 22 |
| 3.3 | MÉTODOS SEMIQUANTITATIVOS..... | 23 |
| 4 | MÉTODO FRAME | 26 |
| 4.1 | DESCRIÇÃO | 26 |
| 4.2 | FÓRMULA DE BASE..... | 27 |
| 4.3 | RISCO POTENCIAL..... | 28 |
| 4.3.1 | Fator carga de incêndio (q) | 29 |
| 4.3.1.1 | Carga de incêndio mobiliária (Qm) | 29 |
| 4.3.1.2 | Carga de incêndio imobiliária (Qi) | 30 |
| 4.3.2 | Fator de propagação (i) | 30 |
| 4.3.2.1 | Subfator aumento de temperatura (T)..... | 31 |
| 4.3.2.2 | Dimensão média do material combustível (m) | 31 |
| 4.3.2.3 | Classe de reação ao fogo dos materiais (M) | 32 |
| 4.3.3 | Fator de área (g) | 33 |
| 4.3.4 | Fator de altura do edifício (e) | 34 |
| 4.3.5 | Fator de ventilação (v) | 35 |
| 4.3.5.1 | Coeficiente de ventilação (k) | 36 |
| 4.3.6 | Fator de acessibilidade (z) | 36 |
| 4.4 | RISCO ACEITÁVEL..... | 37 |
| 4.4.1 | Fator de ativação (a) | 38 |
| 4.4.2 | Fator tempo de evacuação (t) | 40 |
| 4.4.2.1 | Fator de mobilidade (p)..... | 40 |
| 4.4.2.2 | Número estimado de pessoas (Noc)..... | 41 |
| 4.4.2.3 | Número de direções distintas (K) | 42 |
| 4.4.3 | Fator de conteúdo (c) | 42 |
| 4.4.4 | Fator de propagação (r) | 43 |
| 4.4.5 | Fator de dependência (d) | 43 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 4.5 | NÍVEL DE PROTEÇÃO | 44 |
| 4.5.1 | Fator de abastecimento de água (W) | 45 |
| 4.5.2 | Fator de proteção normal (N) | 46 |
| 4.5.3 | Fator de proteção especial (S) | 48 |
| 4.5.4 | Fator tempo de reação ao fogo (F) | 49 |
| 4.5.5 | Fator de evacuação (U) | 50 |
| 4.5.6 | Fator de salvamento (Y) | 52 |
| 5 | ESTUDO DE CASO: COOPERATIVA 02 DE JUNHO | 54 |
| 5.1 | HISTÓRIA DA EDIFICAÇÃO | 54 |
| 5.2 | CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO..... | 56 |
| 5.3 | PERFIL DOS OCUPANTES | 63 |
| 6 | APLICAÇÃO DO MÉTODO FRAME NA EDIFICAÇÃO | 65 |
| 6.1 | CENÁRIO EXISTENTE..... | 65 |
| 6.1.1 | Risco Potencial | 65 |
| 6.1.1.1 | Fator carga de incêndio (q)..... | 65 |
| 6.1.1.2 | Fator de propagação (i)..... | 66 |
| 6.1.1.3 | Fator de área (g)..... | 67 |
| 6.1.1.4 | Fator altura do edifício (e) | 68 |
| 6.1.1.5 | Fator de ventilação (v)..... | 68 |
| 6.1.1.6 | Fator de acessibilidade (z) | 69 |
| 6.1.2 | Risco Aceitável | 71 |
| 6.1.2.1 | Fator de ativação (a) | 71 |
| 6.1.2.2 | Fator tempo de evacuação (t)..... | 71 |
| 6.1.2.3 | Fator do conteúdo (c)..... | 72 |
| 6.1.2.4 | Fator de propagação (r)..... | 73 |
| 6.1.3 | Nível de proteção | 74 |
| 6.1.3.1 | Fator de abastecimento de água (W)..... | 74 |
| 6.1.3.2 | Fator de proteção normal (N)..... | 75 |
| 6.1.3.3 | Fator de proteção especial (S)..... | 76 |
| 6.1.3.4 | Fator de reação ao fogo (F)..... | 76 |
| 6.1.3.5 | Fator de evacuação (U)..... | 77 |
| 6.2 | CENÁRIO COM A APLICAÇÃO DE UM PrPCI NA EDIFICAÇÃO | 78 |
| 6.2.1 | Alterações no método FRAME | 80 |
| 6.2.1.1 | Cenário ideal..... | 80 |
| 6.2.1.1 | Cenário ideal com medidas compensatórias | 81 |
| 7 | ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO FRAME PARA OS TRÊS CENÁRIOS ADOTADOS | 82 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 86 |

1 INTRODUÇÃO

O fogo, segundo a NBR 13860, é um processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz, e sabe-se que sua propagação descontrolada é o que chamamos de incêndio, razão de diversos desastres ao longo da história, que impulsionaram o desenvolvimento de diversas técnicas de prevenção e combate a esses sinistros.

No Brasil, infelizmente, temos registros de uma série de ocorrências de incêndios com diversas vítimas. São os casos do Gran Circo Norte-americano (1961), no Rio de Janeiro, que vitimou mais de 500 pessoas e até hoje é considerado o maior incêndio em número de mortos do país, além do Edifício Joelma (1974), em São Paulo, prédio de 23 andares que deixou mais de 170 mortos, e do edifício Wilton Paes de Almeida (2018), em São Paulo, um incêndio em uma habitação irregular que desabou em cerca de 80 minutos, deixando 7 mortos. Além disso, também se citam as tragédias das Lojas Renner (1976), da Boate Kiss (2013) e do prédio da Secretaria de Segurança Pública (2021), no Rio Grande do Sul.

Na construção civil, com o avanço da tecnologia, pôde-se estabelecer medidas de prevenção e combate a incêndios em edificações de diferentes usos, mesmo que a importância dessas medidas só tenha sido identificada, na maior parte das vezes, após a ocorrência de tragédias. Conforme Seito *et al.* (2008), foi aprendendo com as grandes catástrofes que a sociedade se mobilizou para melhorar as condições de segurança contra incêndio. No Brasil, até a tragédia da Boate Kiss, em 2013, não havia uma lei de abrangência nacional que estabelecesse diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio, sendo de responsabilidade de cada estado estabelecer normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndios nas edificações e áreas de risco de incêndio. Além disso, observa-se que o assunto segurança contra incêndio ainda é pouco abordado como disciplina no currículo das escolas de engenharia no país, embora seja atribuição de engenheiros e arquitetos projetar um plano de prevenção e proteção contra incêndio para a sua edificação.

Hoje, em todo tipo de construção, há uma premissa a ser atendida pela legislação, e essa premissa subdivide os tipos de edificação conforme seu uso e outras características. O risco de incêndio existe e, apesar do objetivo ser minimizá-lo ao máximo, não é possível extingui-lo, uma vez que pode ser originado por ações humanas, falhas de sistemas, entre outros meios

diretos de ignição, como ação pessoal intencional, causas indeterminadas, fenômenos termoelétricos, origem acidental, fenômenos naturais, ação de crianças, entre outros. Atender os critérios definidos na legislação faz com que as edificações estejam menos sujeitas à ocorrência de um sinistro e, em caso de ocorrência, se dificulte a propagação do incêndio, garantindo a segurança dos ocupantes durante a evacuação e reduzindo danos ao patrimônio e meio ambiente.

Identificar o risco de incêndio é uma das maneiras de tornar mais eficaz a prevenção e o combate a esses sinistros. É com base nesse risco que se preveem as medidas a serem tomadas para tornar mais segura cada edificação em função da classificação quanto à ocupação/uso. Entretanto, a forma como a legislação classifica as edificações e determina as medidas de segurança necessárias para seu atendimento pode não ser a mais adequada em todos os casos, e se tornam demasiadamente prescritivas, segundo Ono (2007). Para que se tomem decisões mais assertivas sobre quais as medidas de segurança seriam mais eficientes em cada edificação, deveria ser feita uma análise mais detalhada de suas particularidades. Por isso, o uso de métodos de análise de risco de incêndio de uma edificação pode ser um meio bastante eficaz para observar a quão propensa é uma edificação a ocorrência de sinistro e mensurar o impacto que cada medida de prevenção prevista por lei teria sobre a edificação conforme a classificação do método de análise.

Existem diversos métodos de análise de risco de incêndio reconhecidos internacionalmente, cabendo ao interessado escolher o mais adequado ao seu objeto de estudo. Os métodos podem ser divididos entre métodos qualitativos, semiquantitativos e quantitativos, cada um com seu nível de profundidade e especificidade em um determinado contexto (CUNHA, 2010). Com a utilização desses, é possível aprofundar a análise do quanto uma edificação está propensa à ocorrência de um sinistro e identificar fatores específicos de cada edificação que não são abrangidos pelas medidas impostas pela legislação.

O presente trabalho apresenta alguns métodos de risco de incêndio existentes, sendo o método *Fire Risk Assessment Method for Engineering* (FRAME) o escolhido para o desenvolvimento da pesquisa no objeto de estudo. O método FRAME permite calcular o risco de incêndio de uma edificação analisando separadamente três tipos de risco: para o edifício e seus bens patrimoniais, para seus ocupantes e para a atividade econômica desenvolvida em seu interior.

O objeto de estudo será uma edificação construída em 1949, originalmente de uso comercial, tendo sido abrigo do Instituto de Previdência do Estado do Rio Grande do Sul e da Procuradoria Geral da Justiça, sendo desocupado pela instituição em 1991. Em 1999, o edifício foi ocupado por esposas de policiais militares do estado, e hoje encontra-se sob administração da Cooperativa 02 de Junho, sendo uma edificação residencial multifamiliar habitada irregularmente na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Nesses 23 anos de ocupação, sofreu adaptações para torná-lo apto a receber as demandas de moradia, com a construção de redes hidrossanitárias para banheiros e cozinhas, além de adaptações na rede elétrica, construção de novas paredes, entre outras intervenções. Toda essa adaptação para uso habitacional trouxe ao edifício particularidades que influenciam no resultado de fatores relevantes para o cálculo realizado na análise de incêndio de um edifício conforme o Método FRAME.

O prédio da Cooperativa 02 de Junho possui algumas medidas de prevenção e combate a incêndio já implementadas, porém, não estão atendidas todas as premissas requisitadas pela legislação. Assim, se faz necessária, em alguns casos, a implementação de medidas compensatórias, que são aquelas apresentadas com a finalidade de mitigar o risco na impossibilidade técnica de instalação de medidas de segurança contra incêndio prescritas na legislação. Aplicar o método de FRAME fará com que se identifique o risco de incêndio nas condições atuais da edificação, também sendo possível obter resultados considerando o caso da edificação atendendo todos os requisitos previstos por lei, além de analisar o efeito das medidas compensatórias a serem aplicadas visando regularizar a edificação.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes a serem seguidas para o desenvolvimento do trabalho estão listadas a seguir.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

Qual o risco de incêndio, analisado por métodos de análise de risco por desempenho, de uma edificação residencial multifamiliar habitada irregularmente? Qual o risco de incêndio dessa mesma edificação se aplicadas todas as medidas de prevenção estabelecidas pela legislação? Qual a influência do uso de medidas compensatórias nos resultados obtidos?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo principal do trabalho é avaliar o nível de segurança contra incêndio de uma edificação por meio de análise de risco utilizando-se o método FRAME, e comparar os resultados obtidos da edificação no seu estado atual com os resultados atendendo as premissas da legislação vigente. Além disso, analisar o efeito da implementação de medidas compensatórias no risco geral da edificação. Com isso, pode-se identificar onde estão os fatores mais agravantes no risco de incêndio do objeto de estudo, facilitando a implementação de parâmetros de modo a reduzir esse risco.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem como premissa que a legislação estadual vigente, por ser prescritiva, não considera as peculiaridades de cada edificação, sugerindo opções de medidas compensatórias quando a medida de segurança contra incêndio inicial apresenta inviabilidade técnica sem análise mais profunda do real impacto que cada uma das medidas compensatórias propostas pela própria legislação pode ter caso a caso. Problema que pode ser contornado com a adoção de Métodos que avaliem o impacto das medidas compensatórias por meio da avaliação de cada uma delas dentro do contexto no qual será aplicada, permitindo concluir qual delas apresenta maior eficiência, ou seja, maior redução do risco de incêndio.

2.4 DELIMITAÇÕES

A análise de risco de incêndio foi delimitada pelo método FRAME, análise dos resultados obtidos e comparação com os resultados levando em conta as premissas estabelecidas pela legislação atual, além da análise da influência do uso de medidas compensatórias no plano de prevenção.

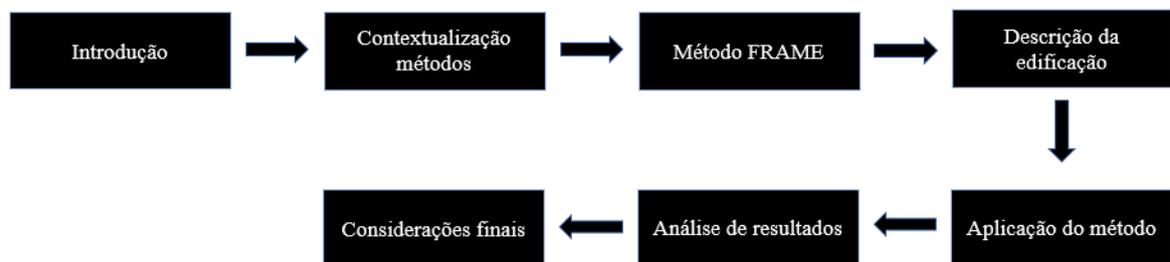
2.5 LIMITAÇÕES

O trabalho fica limitado à análise de risco de incêndio pelo método FRAME, aplicado a uma edificação residencial multifamiliar existente na cidade de Porto Alegre.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho é constituído pelas seguintes etapas, ver Figura 01.

Figura 01 – Diagrama de pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A primeira etapa, introdução, visa introduzir o tema e apresentar as motivações para a realização do trabalho. Além disso, traz um breve histórico das ocorrências de incêndios no país, o fato destas terem servido como motivação para a elaboração dos planos de prevenção e combate, além dos benefícios de realizar a análise de risco de incêndio nas edificações.

O capítulo de contextualização dos métodos apresenta de maneira resumida/breve quais são os métodos mais comuns para a análise de risco de incêndio, suas vantagens, desvantagens e

aplicações. Consequentemente, justifica-se o porquê da escolha do método FRAME para o desenvolvimento do estudo.

O capítulo Método FRAME apresenta o método de maneira mais aprofundada, mostrando sua metodologia de cálculo, apresenta fórmulas, fatores e considerações que foram tomadas, além de suas principais aplicações e limitações. Informações que serviram de parâmetro para o desenvolvimento do cálculo considerando-se a edificação estudada.

A descrição da edificação visa apresentar o objeto de estudo, desde a sua história, períodos de habitação, contexto atual, descrição dos habitantes, pavimentos e características como um todo. Essas informações servirão como base para a determinação dos parâmetros nos cálculos do método FRAME.

A aplicação do método apresentará o desenvolvimento dos cálculos, descrevendo as considerações realizadas para determinação dos fatores adotados com base nos parâmetros comentados anteriormente, a realização do cálculo para a obtenção dos resultados, com base na rotina de cálculos previamente apresentada no capítulo do método FRAME. Nesse capítulo será realizada a aplicação do método em três cenários, considerando o cenário existente, o cenário para o caso de um PPCI aprovado e o cenário para o caso de um PPCI aprovado com medidas compensatórias.

O capítulo da análise de resultados irá expor os resultados calculados anteriormente, comparando as diferentes situações analisadas. Com esses resultados será feita a análise final do estudo, observando a influência dos parâmetros inseridos no cálculo em cada risco obtido.

As considerações finais apresentam a conclusão da pesquisa, apontando a utilidade e eficácia do método, suas limitações e a avaliação da eficácia de seu uso.

3 ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO

A análise de risco de incêndio ainda é um assunto muito pouco abordado no Brasil. A NBR 13860 (ABNT, 1997, p.9) define risco de incêndio como a “probabilidade de ocorrência de incêndio”. Para Cunha (2010), o risco pode ser definido como a incerteza da perda. Em caso de incêndios, essa perda, geralmente, corresponde ao número de vítimas ou aos prejuízos materiais causados às propriedades, além de prejuízos indiretos, como a interrupção de determinada atividade produtiva, degradação do meio ambiente e destruição de patrimônios históricos insubstituíveis.

A ocorrência de desastres envolvendo incêndios motivou as autoridades a pensarem em maneiras mais efetivas de prevenção e combate a esses sinistros. Assim, foram criados códigos de incêndios baseados na ocorrência desses desastres, sendo conhecidos como códigos prescritivos, não demonstrando a eficácia esperada na proteção contra incêndio (TAVARES *et al.*, 2002). Conforme Seito (2008), o regulamento prescritivo é muito burocrático e esse processo que envolve a aprovação de uma lei retarda o desenvolvimento de projetistas e fiscalizadores.

Com o passar dos anos, visando analisar os perigos a que as pessoas e bens estão sujeitos, têm sido desenvolvidas diversas metodologias de avaliação de risco de incêndio (LOPES, 2008). Os códigos de segurança contra incêndio baseados no desempenho são códigos dinâmicos, e ditam o que deve ser alcançado quanto à segurança da edificação, ficando a critério do profissional responsável pelo projeto, bem como da autoridade que o aprovará, de que maneira obter a segurança dessa edificação (TAVARES *et al.*, 2002).

Segundo Pires (2015), a análise de risco de incêndio surge a fim de criar um limite mínimo de segurança a ser atendido, tendo como objetivo principal evitar o início do sinistro, mas, em caso de ocorrência, garantir que as medidas de proteção adotadas serão suficientes para que o risco máximo aceitável não seja atingido.

Os métodos de avaliação de risco de incêndio podem ser classificados de três diferentes maneiras: qualitativos, quantitativos e semiquantitativos, havendo entre elas uma abordagem matemática diferenciada, devendo ser escolhida aquela que melhor atender os objetivos esperados (VENEZIA, 2011).

3.1 MÉTODOS QUALITATIVOS

Os métodos qualitativos de avaliação de risco de incêndio são mais simples e possuem fácil aplicação. Porém, através deles obtém-se apenas o perigo do incêndio, não sendo possível identificar a probabilidade de ocorrência de determinado sinistro, nem avaliar os pontos vulneráveis do local ou o nível da segurança contra incêndio já existente. Dentro dessa classificação estão localizados os métodos de “*check list*”, árvore lógica e método descritivo (LUCENA, 2014). Os métodos qualitativos são os que mais se assemelham com o que se pratica hoje no Brasil, onde se segue uma regulamentação, se faz “*check list*” indicando se as medidas estão sendo tomadas, e se tem uma limitação muito grande em não quantificar a importância de cada fator de risco que possa ser identificado, elucidando apenas a existência do problema.

Para Cunha (2010), os métodos qualitativos não levam em conta as várias alterações a que estão sujeitas as edificações ao longo de sua vida útil, ou seja, essa situação não é real, e por vezes pode proteger em excesso alguns edifícios e desproteger outros.

3.2 MÉTODOS QUANTITATIVOS

Os métodos quantitativos são os mais complexos dentre os descritos e tendem a possuir ótimos resultados, porém, possuem um custo mais elevado e um tempo de aplicação mais demorado devido ao nível de exigência, muitas vezes dificultando sua implementação. Além disso, exigem um grande conhecimento na área de segurança contra incêndio por parte do responsável pela aplicação.

Segundo Cunha (2010), são exemplos de métodos quantitativos utilizados para a análise de risco de incêndio:

- a) **CRISP – *Computation of Risk Indices by Simulation Procedures***: simulação completa de uma situação de incêndio, incluindo o comportamento dos ocupantes envolvidos;
- b) **Avaliação de Risco de Incêndio com índice de Fiabilidade B**: método complexo, lento, com um elevado grau de exigência de conhecimentos matemáticos ao analista, porém com resultados mais precisos;

- c) **FIRECAM – Modelo de avaliação de Custo de Risco:** avalia os custos associados ao fogo antes e depois da ocorrência do incêndio, permitindo assim avaliar o investimento total para a manutenção dos sistemas de proteção contra incêndio e potenciais perdas;
- d) **BFSEM – *Building Fire Safety Engineering Method*:** avalia a probabilidade de ignição, propagação e crescimento do incêndio no edifício, focando em fatores como quantidade de combustível, elementos de proteção e demais características de ocupação, através de diagramas em rede.

3.3 MÉTODOS SEMIQUANTITATIVOS

Conforme Cunha (2010), os métodos semiquantitativos surgem com o intuito de simplificar os processos complexos de avaliação de risco de incêndio. A aplicação dessa metodologia exige do analista apenas a função de introduzir os dados solicitados, uma vez que o peso de cada parâmetro já se encontra definido pelo método.

Os métodos semiquantitativos demandam um volume e qualidade maior nos dados iniciais, sendo estes dados definidos através de fatores previamente calculados por especialistas. Essa metodologia permite quantificar o risco de incêndio comparando com o índice de risco, sendo este índice o fator que estabelecerá o valor mínimo aceitável para que a edificação atinja o nível de segurança pretendido (LUCENA, 2014).

Dentre os métodos semiquantitativos, destacam-se os seguintes:

- a) **Método de Gretener:** publicado pela primeira vez em 1965, esse método foi desenvolvido pelo Engenheiro Max Gretener e denominado pela SIA (*Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes*) de SIA – 81 “Método de avaliação de risco de incêndio”. O método de Gretener avalia principalmente o risco de incêndio em indústrias e edifícios de grande porte, podendo ser aplicado em qualquer tipo de edificação, com um critério de avaliação menos seguro em outros casos. O método supõe que algumas medidas de segurança são previamente cumpridas no objeto de estudo, tais qual distância de segurança entre as edificações, saídas de evacuação, iluminação e sinalização de segurança, instalações elétricas em conformidade e vias de acesso para viaturas de socorro. Essa metodologia possui uma série de fatores e pesos

- utilizados para calcular o risco de incêndio, sendo esses obtidos por consenso do meio técnico e científico, com base em dados estatísticos testados (LUCENA, 2014);
- b) **Método FRAME (*Fire Risk Assessment Method for Engineering*)**: elaborado a partir do método de Gretener, o método FRAME foi desenvolvido por Erik de Smet para o cálculo do risco de incêndio em edifícios. Esse método analisa o risco para situações patrimoniais, segurança de pessoas e atividades desenvolvidas nas edificações. FRAME busca avaliar a proteção do edifício relacionando os fatores de risco e as medidas de proteção existentes ou necessárias (CUNHA, 2010);
- c) **Método ARICA (*Análise do Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos*)**: foi desenvolvido por Fernandes, 2006, e é concebido para utilização em centros urbanos antigos, abrangendo as particularidades encontradas nesses locais, com a determinação de fatores que representam os aspectos relacionados com incêndio. O método ARICA define três fatores globais de risco: início do incêndio, desenvolvimento e propagação do incêndio no edifício, e evacuação do edifício. Além disso, define um fator global de eficácia, associado ao combate ao incêndio. Esse método se limita a edifícios com uma tipologia específica, nesse caso, com altura máxima equivalente a 3 pisos, materiais construtivos à base de alvenaria de pedra resistente, revestimentos de madeira, entre outros (RODRIGUES, 2012)
- d) **Método FRIM (*Fire Risk Index Method*)**: método bastante utilizado nos países nórdicos, comumente utilizado em edificações de madeira, possui fácil aplicação e pode ser utilizado por pessoas sem grande conhecimento na área de segurança contra incêndio. A metodologia integra 17 parâmetros de análises distribuídos por 17 categorias diferentes, e compreende uma escala entre 0 a 5, onde um índice de risco elevado para edifícios representa um nível elevado de segurança contra incêndio, enquanto um índice de baixo risco representa um nível baixo de segurança (CUNHA, 2010);
- e) **Método de Purt**: desenvolvido por Gustavo Purt, em 1971, também possui como base o método de Gretener, sendo aplicado mais objetivamente para a escolha dos meios de proteção. O método considera a existência de dois riscos distintos, o risco relativo ao edifício e o risco relativo ao seu conteúdo, sendo apresentadas expressões distintas para a determinação de cada um dos riscos. Essa metodologia propõe, em função da combinação dos fatores de risco ao edifício e ao seu conteúdo, as medidas que devem

ser tomadas, apresentando como resultado final a indicação dos meios de proteção a serem escolhidos (LOPES, 2008);

- f) **Método ERIC (*Évaluation du Risque Incendie Calculé*):** desenvolvido por Cluzel e Sarrat, baseando-se no método de Gretener, o método ERIC surgiu em 1977 e é muito semelhante ao método de Purt, porém, seus métodos apenas indicam a necessidade da implementação de medidas de segurança, não especificando quais. O método considera a existência de dois riscos distintos, o risco relativo ao edifício e seus bens e o risco relativo às pessoas, sendo esses riscos determinados através do quociente entre um fator relativo ao perigo e o fator relativo às medidas de proteção (LOPES, 2008);

Dentre os métodos citados, o escolhido para a realização da análise de risco de incêndio no objeto de estudo foi o método FRAME. Essa decisão se fundamentou nas limitações dos métodos analisados, como por exemplo, a falta de abordagem do método de Gretener em relação ao risco aos ocupantes da edificação. Além disso, foi descartada a utilização do método ARICA, uma vez que este é limitado ao uso em edificações de no máximo 3 pavimentos.

O método de FRAME é, dentre os métodos apresentados, o que trará maior eficácia nos resultados obtidos, visto que possui uma abordagem bastante específica para o risco aos ocupantes da edificação, sendo este um dos enfoques principais do presente trabalho, levando em conta as especificidades do objeto de estudo. O método será desenvolvido e descrito em sua totalidade no capítulo seguinte.

4 MÉTODO FRAME

O método FRAME foi elaborado na Bélgica, em 1985, pelo engenheiro Erik De Smet, e teve sua atualização mais recente no ano 2000. Desenvolvido a partir do método de Gretener e outros métodos similares, o método FRAME se diferencia por distinguir três tipos de risco: o risco de incêndio do patrimônio em si, o risco dos ocupantes da edificação, visando assegurar a sua evacuação, e o risco para a atividade econômica desenvolvida no edifício (BARRA; RODRIGUES; FITZGERALD, 2014).

Este capítulo descreve o método, sua estrutura de cálculo e seus fatores, sendo essas informações retiradas e adaptadas da publicação Método FRAME - Manual do usuário (SMET, 2008), além da tradução de alguns fatores por Rodrigues (2021).

4.1 DESCRIÇÃO

O risco de incêndio é obtido pelo quociente entre o risco potencial (P) e o produto entre o risco aceitável (A) e o nível de proteção (D). Os riscos para o edifício e seu conteúdo, para seus ocupantes e para a atividade envolvida são calculados separadamente, cada um com seus parâmetros específicos, já que o pior cenário em caso de sinistro depende da situação analisada. O pior cenário para os ocupantes da edificação, por exemplo, é a ocorrência de qualquer princípio de incêndio, enquanto que para a edificação e seu conteúdo o pior cenário é o de destruição total. (SMET, 2008).

Segundo Smet (2008, p. 04), o FRAME parte de cinco princípios base:

1. “O método parte do princípio que existe um equilíbrio entre o perigo e a proteção num edifício bem protegido. Expresso de forma numérica, podemos exprimir o quociente perigo/protecção= risco é inferior a 1, e por conseguinte, um valor mais elevado deste quociente reflecte uma situação mais desfavorável do edifício. O equilíbrio entre o risco de incêndio versus medidas de protecção/prevenção que encontramos no FRAME é similar ao que encontramos nas nossas casas quando vivemos numa habitação moderna de construção ignífuga numa zona urbana. O dano causado por um incêndio pode ser limitado à divisão existente, não existirá vítimas e poderemos retomar a ocupação do edifício depois de ter limpadado e reparado a divisão afectada.

2. Podemos avaliar o perigo por duas séries de factores: A primeira série de factores define o caso mais desfavorável a considerar, a segunda série de factores define a extensão das possíveis consequências. O perigo é portanto definido por 2 valores, o “risco potencial P” e o “risco aceitável A”.
3. Podemos calcular a protecção partindo de valores específicos para diferentes técnicas de construção. Os valores a utilizar representam os diferentes meios disponíveis: a água, as medidas construtivas para a evacuação, a resistência ao fogo da construção, os meios manuais de intervenção, os meios automáticos de intervenção, o auxílio público e a separação física dos riscos.
4. É necessário efectuar 3 cálculos, correspondentes a 3 situações: um primeiro cálculo para o edifício e o seu conteúdo, um segundo para as pessoas que ocupam o edifício, e um terceiro cálculo para a actividade económica que se desenvolve no interior deste. Os factores de influência não se comportam todos da mesma forma para o risco “patrimonial”, “pessoas” ou para o risco “actividades”. Com efeito, o risco potencial e o risco aceitável não são os mesmos, e os meios de protecção apresentam resultados diferentes para cada um destes aspectos do risco.
5. A unidade de cálculo é um compartimento ao mesmo nível. Se existem vários compartimentos, ou vários níveis (andares), é necessário efectuar uma série de cálculos para cada compartimento e para cada nível, ou pelo menos para os compartimentos mais representativos do perigo.”

4.2 FÓRMULA DE BASE

O método analisa o risco de incêndio para três situações diferentes, e os resultados obtidos nos três casos partem de uma mesma fórmula de base. Essa fórmula é um quociente entre o risco potencial e o produto entre o risco aceitável e o nível de protecção, sendo que são empregados parâmetros específicos para cada uma das situações. Essa relação resulta na Equação 1:

$$R = \frac{P}{A * D} \quad (1)$$

Sendo:

R = risco de incêndio global;

P = risco potencial;

A = risco aceitável;

D = nível de proteção.

4.3 RISCO POTENCIAL

O risco potencial (P) é o produto de uma série de fatores que majoraram o risco de incêndio da edificação. Assim como os demais parâmetros da Equação 1 a serem analisados, os fatores a serem considerados no risco potencial dependem do tipo de situação a ser estudada.

Para o cálculo do risco potencial para o edifício e seu conteúdo, tem-se a Equação 2:

$$P = q * i * g * e * v * z \quad (2)$$

Para o cálculo do risco potencial para os ocupantes, tem-se a Equação 3:

$$P = q * i * e * v * z \quad (3)$$

Para o cálculo do risco potencial para a atividade envolvida, tem-se a Equação 4:

$$P = g * i * e * v * z \quad (4)$$

Onde:

q = fator carga de incêndio;

i = fator de propagação;

g = fator de área;

e = fator altura do edifício;

v = fator de ventilação;

z = fator de acessibilidade.

4.3.1 Fator carga de incêndio (q)

O fator carga de incêndio é calculado em função da unidade de calor liberado por unidade de superfície, através da combustão dos materiais no interior do objeto de estudo. É calculada a partir da Equação 5:

$$q = \frac{2}{3} * \log(Qm + Qi) - 0,55 \quad (5)$$

Onde:

Qm = carga de incêndio mobiliária (MJ/m²);

Qi = carga de incêndio imobiliária (MJ/m²).

4.3.1.1 Carga de incêndio mobiliária (Qm)

A maneira mais precisa de se realizar o cálculo da carga de incêndio mobiliária (Qm) é realizando a divisão entre o poder calorífico de todos os itens do conteúdo do compartimento estudado e a área total da superfície, porém, o método permite a utilização da Tabela 1 como referência:

Tabela 1 – Carga de incêndio mobiliária

| Tipo de uso | Qm (MJ/m²) |
|---|------------------------------|
| Carga calorífica muito fraca | 200 |
| Escritórios | 400 |
| Habitação | 500 |
| Escolas | 200 |
| Hospitais | 250 |
| Hotéis | 250 |
| Risco normal com cargas caloríficas fracas (EN12845: OH1) | 600 |
| Risco normal com cargas caloríficas normais (EN12845: OH2) | 1500 |
| Risco normal com cargas caloríficas elevadas (EN12845: OH3) | 2000 |
| Risco normal com cargas caloríficas muito elevadas (OH4) | 2500 |
| Alto risco (EN12845: HH1) | 2500 |

Continua

| Tipo de uso | Qm (MJ/m²) |
|--|------------------------------|
| Alto risco (EN12845: HH2) | 3000 |
| Alto risco (EN12845: HH3) | 3750 |
| Armazenagens em andares | 6750 |
| Armazenagens em andares com sprinklers do tipo " <i>large drop</i> " | 7500 |
| Armazenagens com sprinklers tipo ESFR até 7m de altura | 12000 |
| Armazenagens com sprinklers tipo ESFR a 5.2 bars | 15000 |

(fonte: SMET, 2008, p. 14)

4.3.1.2 Carga de incêndio imobiliária (Qi)

A carga de incêndio imobiliária (Qi) diz respeito aos elementos construtivos da edificação, como vigas, paredes, aberturas e a estrutura como um todo. A Tabela 2 apresenta os valores dos métodos construtivos mais comuns:

Tabela 2 - Carga de incêndio imobiliária

| Tipo de construção | Qi [MJ/m²] |
|--|------------------------------|
| Construção totalmente em materiais incombustíveis, como uma construção em aço e concreto | 0 |
| Construção em materiais incombustíveis com 10% de materiais combustíveis para as janelas, isolamento, coberturas, etc. | 100 |
| Para uma estrutura em madeira com revestimento incombustível | 300 |
| Para uma construção tradicional em estrutura incombustível, e chão e tetos em madeira | 300 |
| Para um edifício unicamente em estrutura incombustível, por ex: uma construção em aço com revestimento em plástico | 1000 |
| Para um edifício em materiais combustíveis, por ex: um hangar de madeira | 1500 |

(fonte: SMET, 2008, p. 13)

4.3.2 Fator de propagação (i)

O fator de propagação indica a possibilidade de propagação do fogo, levando em consideração a rapidez com que os materiais se inflamam e qual a capacidade de propagação do fogo na sua

superfície. É calculado a partir da dimensão média do conteúdo do compartimento, da classe de reação ao fogo e da temperatura capaz de provocar danos. Assim, resulta na Equação 6:

$$i = 1 - \frac{T}{1000} - 0,1 * \log m + \frac{M}{10} \quad (6)$$

Onde:

T = subfator aumento de temperatura [°C];

m = dimensão média do material combustível;

M = classe de reação ao fogo dos materiais.

4.3.2.1 Subfator aumento de temperatura (T)

É a temperatura necessária para danificar os materiais no interior do compartimento, supondo que este pode suportar um certo aumento de temperatura sem ser danificado. Para o caso da presença de seres humanos, essa temperatura é definida em 100°C. Além disso, o método também permite realizar uma média ponderada entre os valores descritos na Tabela 3:

Tabela 3 - Subfator aumento de temperatura

| Tipo de construção | T (°C) |
|--|---------------|
| Fluídos inflamáveis (FP <21°C) | 20 |
| Seres humanos, plásticos, eletrônica (100°C) | 100 |
| Têxteis, papel, madeira, bens alimentares (200°C) | 200 |
| Valor médio para o recheio de edifícios residenciais (250°C) | 250 |
| Máquinas, aparelhos eletrodomésticos, etc. (300°C) | 300 |
| Metais (400°C) | 400 |
| Outros materiais incombustíveis, por ex: o concreto (500°C) | 500 |

(fonte: SMET, 2008, p. 16)

4.3.2.2 Dimensão média do material combustível (m)

A dimensão média do material analisa a relação entre superfície e massa de um objeto, identificando que quanto maior for a superfície disponível, mais rápida será a propagação do

fogo. Assim, para estimar a superfície disponível para propagação de um foco de incêndio, é necessário saber a relação entre o volume total e a superfície total. Segundo Smet (2008), deve-se adotar 0,3 para casos em que não há conhecimento dessa relação entre todos os objetos do compartimento. A tabela 4 traz uma estimativa das dos possíveis valores de m:

Tabela 4 - Dimensão média do material combustível

| Tipo objeto | m |
|---|----------|
| Dimensão média da maior parte dos objetos | 0,3 |
| Armazenamento em estrados de madeira | 1 |
| Produção de pequenos objetos | 0,1 |
| Produção de objetos em folha | 0,01 |
| Grãos, esferas e similares | 0,001 |

(fonte: RODRIGUES, 2021)

4.3.2.3 Classe de reação ao fogo dos materiais (M)

Esse subfator indica o quão rapidamente o fogo se propagará em uma superfície, portanto, valores elevados de M indicam o quão inflamável é uma superfície. A Tabela 5 traz valores de M utilizados para cada classe de reação:

Tabela 5 - Classe de reação ao fogo dos materiais

| Tipo de material | M |
|----------------------------|----------|
| Não combustíveis | 0 |
| Difícilmente combustíveis | 1 |
| Moderadamente combustíveis | 2 |
| Combustíveis | 3 |
| Inflamáveis | 4 |
| Altamente inflamáveis | 5 |

(fonte: RODRIGUES, 2021)

4.3.3 Fator de área (g)

O fator de área define a relação entre o comprimento e a largura do objeto de estudo. Esse fator traduz a influência da área do ambiente no incêndio, que pode se estender para todo o edifício se não houver uma adequada compartimentação. Esse fator reflete a probabilidade de um incêndio se propagar horizontalmente, caso não haja compartimentação horizontal. Deve ser considerada a área total de piso do ambiente caso não existam meios de compartimentação que obedecem aos critérios de estabilidade e integridade, não permitindo a passagem de incêndio através de dutos ou orifícios de modo geral. O fator de área “g” é calculado pela Equação 7:

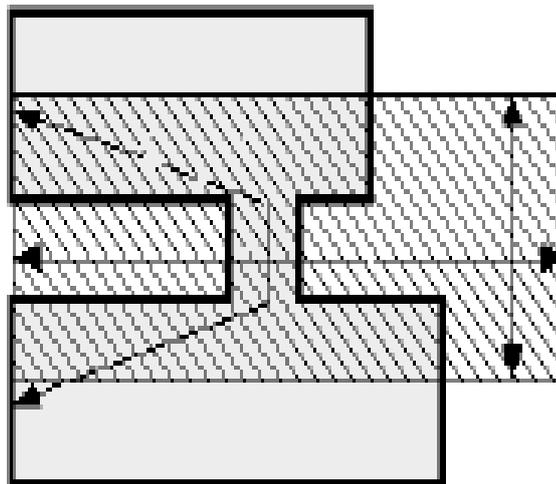
$$g = \frac{b + 5 * \sqrt[3]{b^2 * l} + b}{200} \quad (7)$$

Onde:

l = comprimento teórico [m]: é a maior distância entre os dois extremos;

b = largura equivalente [m]: é o quociente entre a área do compartimento e seu comprimento teórico.

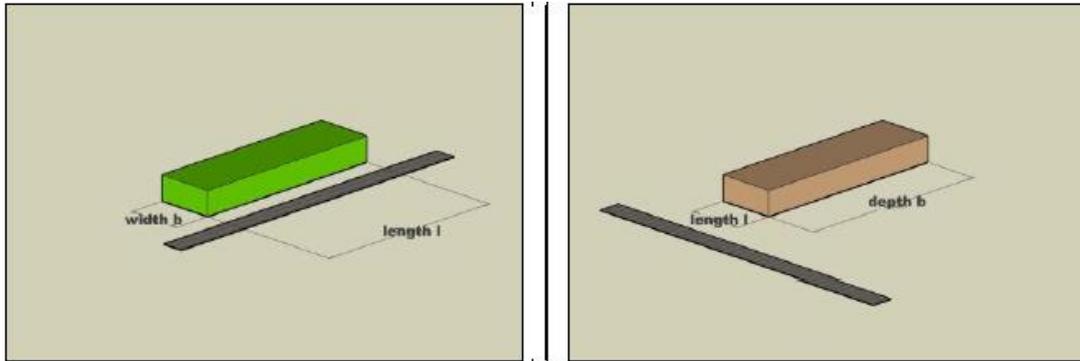
Figura 02 – retângulo equivalente do fator de área (g)



(fonte: SMET, 2008)

Além disso, a fórmula leva em consideração a dificuldade de acesso do corpo de bombeiros à fachada do edifício. Assim, quando a edificação é acessível por uma fachada de menor comprimento em relação a outra, os valores de l e b são invertidos.

Figura 03 - Dimensões em relação a fachada de acesso do edifício



(fonte: SMET, 2008)

4.3.4 Fator de altura do edifício (e)

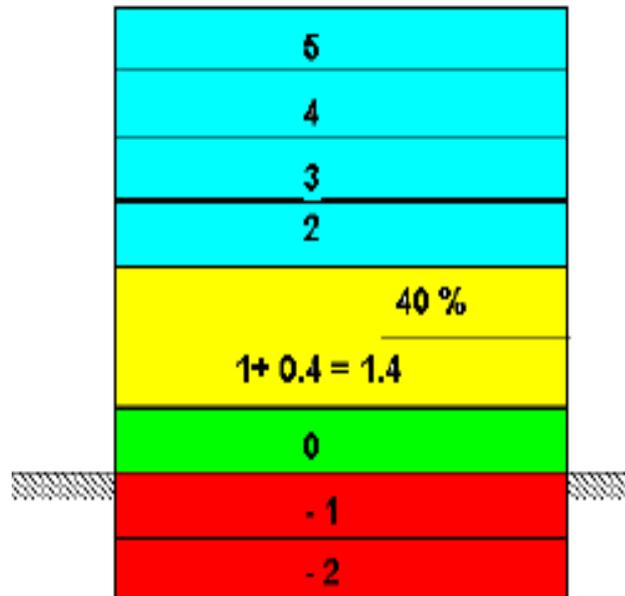
O fator altura do edifício quantifica a possibilidade de propagação vertical do fumo e do calor em caso de incêndio. Esse fator considera os números de andares “E” acima do nível da saída para área externa, sendo 1 para o 1º pavimento, 2 para o 2º pavimento e assim sequencialmente. Esse subfator “E” também pode ser negativo, em caso de subsolos, mas deve ser inserido na fórmula como valor absoluto, e gera a Equação 8 para o fator de altura do edifício (e):

$$e = \left[\frac{|E| + 3}{|E| + 2} \right]^{0,7 * E} \quad (8)$$

Onde:

E = é o valor absoluto proporcional ao número de pavimentos acima ou abaixo do nível de referência.

Figura 04 - Definição do subfator E



(fonte: SMET, 2008)

4.3.5 Fator de ventilação (v)

O fator de ventilação (v) aborda a influência do fumo acumulado na laje superior de cada pavimento em caso de incêndio. Esse acúmulo de fumaça é uma grande ameaça para os ocupantes da edificação, já que não é necessário o contato direto com o fogo para a ocorrência de uma fatalidade. Sabe-se que esse fumo poderá sair para o exterior da edificação por meio de aberturas ou sistemas de exaustão, portanto, o fator de ventilação (v) traz a relação entre a quantidade de fumo que é produzido e a sua possibilidade de exaustão para o meio exterior. Dentre os fatores analisados, considera-se que 30% das aberturas das esquadrias no terço superior das paredes estará disponível para evacuação dos fumos, considerando a quebra dos vidros após um determinado período de ocorrência de incêndio. O fator de ventilação (v) é calculado pela Equação 9:

$$v = 0,84 + 0,1 * \log Qm - (k * h^{0,5})^{0,5} \quad (9)$$

Onde:

Qm = carga de incêndio mobiliária [MJ/m²];

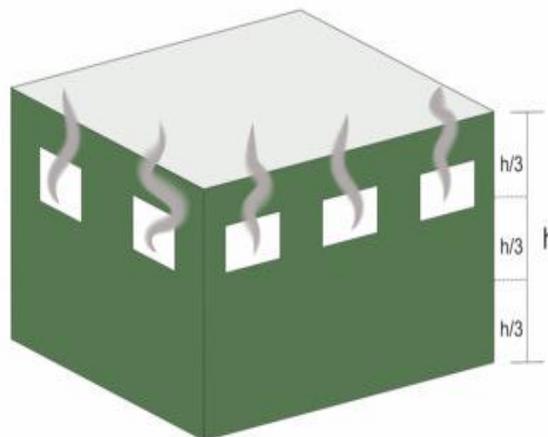
k = coeficiente de ventilação;

h = pé direito do compartimento.

4.3.5.1 Coeficiente de ventilação (k)

É a razão entre a capacidade de ventilação e a superfície do compartimento estudado. O coeficiente de ventilação (k) é calculado medindo-se as áreas de todas as janelas, e considerando que 30% dessas superfícies se abrirão em caso de incêndio e possibilitarão a evacuação da fumaça. Portanto, realiza-se a soma entre 30% da metragem quadrada dessas aberturas e as áreas de ventilação de possíveis sistemas de exaustão instalados, sendo considerado 1m^2 a cada $1000\text{Nm}^3/\text{h}$ de capacidade de extração. A partir disso, divide-se o valor encontrado pela área total do compartimento.

Figura 05 – Definição do subfator k



(fonte: SMET, 2008)

4.3.6 Fator de acessibilidade (z)

O fator de acessibilidade (z) indica o número de direções possíveis para acesso dos bombeiros. Esse fator considera uma série de parâmetros, incluindo a distância em que os bombeiros têm de percorrer dentro do edifício, a avaliação dos lances de mangueira a estender em situação de

combate a incêndio e o número de fachadas de acesso da edificação. O fator de acessibilidade (z) é calculado pela Equação 10:

$$z = 1 + 0,05 * INT \left| \left(\frac{b}{20 * Z} \right) + \left(\frac{H +}{25} \right) + \left(\frac{H -}{3} \right) \right| \quad (10)$$

Onde:

Z = número de fachadas acessíveis;

$H+$ e $H-$ = altura da edificação em relação ao nível de referência [m];

b = largura equivalente [m];

INT = indica o número inteiro imediatamente superior ao resultado obtido;

A relação entre “ b ” e “ z ” indica a distância que os bombeiros terão de percorrer até atingir o foco de incêndio em função do número de fachadas acessíveis e do comprimento padrão das mangueiras utilizadas. Além disso, as relações de “ H ” indicam a capacidade de alcançar as fachadas com caminhões auto-escada, sendo que, não havendo a existência de subsolos, o valor de “ $H-$ ” é desconsiderado (RODRIGUES, 2021).

4.4 RISCO ACEITÁVEL

O risco aceitável parte do princípio das pessoas conviverem com o risco de incêndio, que é inevitável, até determinado ponto. Entende-se o risco como o produto entre a gravidade e a probabilidade da ocorrência de determinado sinistro, portanto, admite-se a possibilidade de um evento em larga escala se a probabilidade desse acontecimento for reduzida, enquanto se entende uma maior frequência de acontecimentos de consequências menos graves (RODRIGUES, 2021). O nível de aceitabilidade, ou risco aceitável (A), é calculado pela Equação 11:

$$A = 1,6 - a - t - c \quad (11)$$

Onde:

a = fator de ativação;

t = fator tempo de evacuação;

c = fator do conteúdo.

Observa-se o valor de 1,6 como o nível de aceitabilidade máxima, assumindo a possibilidade de ocorrer o incêndio por causas naturais, como fenômenos termoeletrônicos, ação pessoal não intencional, entre outros. Portanto, o nível de aceitabilidade máxima é obtido subtraindo ao valor de 1,6 o fator de ativação (a), o fator tempo de evacuação (t) e o fator do conteúdo (c).

4.4.1 Fator de ativação (a)

Segundo NBR 13860 (ABNT, 1997), “fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz”. Essa combustão depende da existência simultânea de comburente, combustível e fonte de ignição. As fontes de ignição provêm das atividades humanas, na maior parte dos casos, e são abordadas no método FRAME como atividades principais. Além disso, são considerados na análise do fator de ativação as condições das instalações de aquecimento, instalações elétricas e da presença de poeira, gases e líquidos inflamáveis.

O fator de ativação será a soma dos cinco fatores analisados, sendo calculado pela Equação 12:

$$a = \sum a_i \quad (12)$$

Os subfatores a serem analisados e seus respectivos valores são apresentados na Tabela 6:

Tabela 6 – fatores de ativação

| Atividades primárias | a1 |
|---|-----------|
| 1. Atividades não-industriais (residências, escritórios, etc) | 0 |
| 2. Indústria de produtos incombustíveis (EN 12845 Classe OH1) | 0 |
| 3. A maior parte das indústrias (EN12845 classes OH2 e OH3) | 0,2 |
| 4. Indústrias de produtos combustíveis como papel, madeira, petroquímica, metais ligeiros (classes H4 / HH1-HH4) | 0,4 |
| 5. Armazéns e depósitos (EN12845 classe S) | 0 |

Continua

Continuação

| | |
|--|-----------|
| Sistemas de aquecimento - 1 | a2 |
| 1. Sem aquecimento, não existe risco | 0 |
| 2. Transmissão de calor por sólidos ou pela água | 0 |
| 3. Transmissão de calor por ar forçado ou por óleo | 0,05 |
| Sistemas de aquecimento - 2 | a3 |
| 0. não aplicável | 0 |
| 1. Gerador de calor separado por corta-fogo numa caldeira | 0 |
| 2. Gerador de calor em compartimento próprio, por ex, convetores eléctricos, radiadores a gás, salamandras, etc. | 0,1 |
| Sistemas de aquecimento - 3 | a4 |
| 0. não aplicável | 0 |
| 1. Fonte de energia: eletricidade, carvão, fuelóleo | 0 |
| 2. Fonte de energia: gás | 0,1 |
| 3. Fonte de energia: resíduos, madeira | 0,15 |
| Instalações eléctricas | a5 |
| 1. Em conformidade com regulamentos e controladas | 0 |
| 2. Em conformidade sem controlo periódico | 0,1 |
| 3. Não conformes de acordo com as regras de instalação | 0,2 |
| ZONAS PERIGOSAS - 1 | a6 |
| 0. não aplicável | 0 |
| 1. Risco de explosão de poeiras (zonas ATEX 20/21/22) | 0,2 |
| 2. Produção de poeiras combustíveis sem aspiração | 0,1 |
| O tratamento de superfícies com produtos inflamáveis | a7 |
| 0. Nenhuma | 0 |
| 1. Num local separado e com ventilação adaptada | 0,05 |
| 2. Num local separado sem ventilação | 0,1 |
| 3. Sem separação de acordo da atividade principal | 0,2 |

(fonte: SMET, 2008, p. 22 e p. 23)

4.4.2 Fator tempo de evacuação (t)

O fator tempo de evacuação é o que analisa as características das rotas de fuga da edificação, as dimensões do compartimento estudado, o número de pessoas presentes e a mobilidade destas em caso de fuga. Esse fator pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$t = \frac{p * Noc * \left((b + l) + \left(\frac{Noc}{nup} \right) + 1,25 * (H +) + 2 * (H -) \right) * (b + l)}{800 * K * (1,4 * Noc * (b + l) - 0,44 * Noc)} \quad (13)$$

Onde:

b = largura equivalente (m);

l = comprimento teórico (m);

Noc = número estimado de pessoas;

nup = número de unidades de passagem;

p = fator de mobilidade;

K = número de direções distintas de saída;

H+ e H- = altura da edificação em relação ao nível de referência (m).

A relação (b+l) indica o caminho mais extenso a ser percorrido no compartimento, enquanto a divisão Noc/nup indica o tempo necessário para que um número determinado de pessoas evacue por um número determinado de unidades de passagem. Sabe-se que no Brasil, segundo a RT nº 11 – Saídas de Emergência (CBMRS, 2016) uma unidade de passagem corresponde a 0,55m. O método sugere um desconto de 0,20m na dimensão da largura de saída, visando considerar apenas uma largura efetiva, considerando o efeito de interferências de objetos externos na circulação, indo a favor da segurança na metodologia de cálculo.

4.4.2.1 Fator de mobilidade (p)

O fator de mobilidade é o que corrige o tempo de evacuação para pessoas que tenham uma velocidade inferior à média, sendo esse valor encontrado na Tabela 7:

Tabela 7 – Fator de mobilidade p

| Tipo de grupo | p |
|--|----------|
| Pessoas independentes e móveis (ex: adultos, trabalhadores) | 1 |
| Pessoas móveis mas dependentes (ex. Alunos, visitantes) | 2 |
| Pessoas imobilizadas (ex: doentes, idosos, prisioneiros) | 8 |
| Pessoas que precisam de ajuda individual para evacuação: pacientes ligados a cama, em cadeira de rodas, com distúrbios mentais, etc. | 20 |
| O valor calculado para um grupo misto (ver info A) | 1,1 |

(fonte: SMET, 2008, p. 25)

4.4.2.2 Número estimado de pessoas (Noc)

O subfator Noc considera o número total de pessoas a evacuar o compartimento estudado em caso de incêndio. Em caso de não conhecer essa quantidade, é possível estimar pela Tabela 8:

Tabela 8 – Número estimado de pessoas Noc

| Tipo de grupo | Pessoas/m² |
|--|------------------------------|
| 00. Número total de pessoas do compartimento, definido pelo usuário | - |
| 01. Salas de espera, cais de estação | 3 |
| 02. Lugares de encontro com forte concentração (halls, igrejas) | 1,5 |
| 03. Lugares de encontro com menos forte concentração (salas de conferências, restaurantes) | 0,6 |
| 04. Salas de aulas das escolas, locais públicos sem lugares fixos | 0,5 |
| 05. Jardins de crianças | 0,3 |
| 06. Laboratórios, ateliers nas escolas | 0,2 |
| 07. Instituições médicas | 0,1 |
| 08. Prisões e instituições similares | 0,1 |
| 09. Edifícios residenciais (casa, hotéis, pensões) | 0,05 |
| 10. Comércio: rés-do-chão e subsolos (caves) | 0,3 |
| 11. Comércio: andares | 0,2 |
| 12. Escritórios | 0,1 |

Continua

Continuação

| Tipo de grupo | Pessoas/m ² |
|--|------------------------|
| 13. Fábricas: | 0,03 |
| 14. Armazéns | 0,003 |
| 15. Densidade de ocupantes definida por códigos locais | 0,1 |

(fonte: SMET, 2008, p. 24)

4.4.2.3 Número de direções distintas (K)

Esse subfator apresenta o número de direções distintas de saídas, e considera duas direções como distintas se essas fizerem o ângulo de 90° entre si. O processo de cálculo consiste em estabelecer o número de saídas ao ar livre, definir a capacidade máxima de todas as saídas em conjunto e dividir essa capacidade pelo número de ocupantes do compartimento. Essa divisão retorna o número de saídas teórico de saídas diferentes, e sabe-se que o número real de saídas diferentes não pode ser superior a 4, levando em conta que as saídas são definidas como distintas se fizerem um ângulo de 90° entre si.

4.4.3 Fator de conteúdo (c)

O fator de conteúdo (c) leva em conta a gravidade da perda irreversível do edifício e seu conteúdo. É calculado em função do valor monetário dos bens do interior da edificação, e das possibilidades de substituição dessa em caso de destruição total.

Esse fator é subdividido em dois subfatores:

c1 = avalia a possibilidade de substituição do edifício e seu conteúdo interior. Pode-se ter como exemplo o caso de museus ou patrimônios históricos, que por possuírem bens insubstituíveis e irreparáveis, têm seu valor definido em 0,2. Para o caso de edificações dificilmente substituíveis, esse subfator se torna 0,1, e em caso de edificações facilmente substituíveis, o valor é 0;

c2 = reflete o valor monetário dos bens do interior do compartimento, calculado pela Equação 14, apenas em caso dos valores serem estimados acima de € 7 milhões.

$$c2 = \frac{1}{4} * \log V ; se V > 7 * 10^6 \quad (14)$$

Onde:

V = valor monetário dos bens no interior do compartimento.

4.4.4 Fator de propagação (r)

Esse fator considera a rapidez com que o incêndio pode se propagar no interior do edifício, sendo que quanto maior for essa propagação, menor o tempo de evacuação dos ocupantes do interior do edifício. O fator do ambiente indica o quanto o interior do edifício pode dificultar a evacuação, e é calculado pela Equação 15:

$$r = \frac{\log(Qi + 1) + M}{10} \quad (15)$$

Onde:

Qi = carga de incêndio imobiliária (MJ/m²);

M = classe de reação ao fogo.

4.4.5 Fator de dependência (d)

Esse fator leva em conta os efeitos que uma atividade econômica envolvida terá em caso de incêndio, sendo interrompida ou até mesmo finalizada por decorrência dos impactos do sinistro. O valor a ser considerado é o somatório entre os custos dos funcionários, dos lucros produzidos pela atividade e das demais despesas financeiras. Quanto maior for o índice encontrado e o volume de negócios, maior será o impacto dos danos na atividade econômica envolvida. A Tabela 9 indica os valores de d, e permite uma definição direta do usuário no valor final:

Tabela 9 – Fator de dependência d

| Tipo de atividade | d |
|---|----------|
| 1. Indústria de alta tecnologia (ex: aeronáutica): 0.7 ... 0.9 | 0,8 |
| 2. Indústria de produtos tecnológicos finos (ex: eletrônica) : 0.45 ... 0.7 | 0,6 |
| 3. Indústria manufatureira: 0.25 ... 0.45 | 0,35 |
| 4. Comércio, armazéns: 0.05 ... 0.15 | 0,1 |
| 5. Administrações: 0.8 | 0,8 |
| 6. Média para a maioria das empresas | 0,3 |
| 7. Definido pelo usuário (ver Info A) | 0 |

(fonte: SMET, 2008, p. 27)

4.5 NÍVEL DE PROTEÇÃO

O nível de proteção aborda todas as formas de proteção que visam inviabilizar a destruição total do edifício ou a evacuação em segurança dos seus ocupantes. Seu valor é produto de uma série de fatores relacionados a reserva de água, medidas de proteção atuantes no edifício e a resistência ao fogo dos materiais constituintes, gerando a Equação 16:

$$D = W * N * S * F \quad (16)$$

Para o cálculo do nível de proteção para os ocupantes, o fator de evacuação U substitui os fatores de abastecimento de água, proteção especial e resistência ao fogo, gerando a Equação 17:

$$D = N * U \quad (17)$$

Para o cálculo do nível de proteção para a atividade envolvida, inclui-se o fator de salvamento Y, que substitui o fator de resistência ao fogo, conforme Equação 18:

$$D = W * N * S * Y \quad (18)$$

Onde:

W = fator de abastecimento de água;

N = fator de proteção normal;

- S = fator de proteção especial;
 F = fator de resistência ao fogo;
 U = fator de evacuação;
 Y = fator de salvamento.

4.5.1 Fator de abastecimento de água (W)

O primeiro recurso a se recorrer em caso de incêndio costuma ser a água. Esse fator define a qualidade mínima desses recursos, a quantidade de água disponível, pressão da rede, sistema de distribuição, etc. Para que o combate em caso de incêndio seja efetivo, deve-se ter uma reserva de água suficiente, um fácil acesso à rede de hidrantes (se houver), além dos diâmetros dos tubos estarem adequados para receber a pressão requerida em situação de combate a incêndio.

Assim, o fator de abastecimento de água (W) é calculado pela Equação 19, dependendo da soma de uma série de fatores w_i :

$$W = 0,95^w \quad (19)$$

Onde:

$$w = \sum w_i;$$

w_i = subfatores de abastecimento de água;

Em casos de não conformidade de sistemas de proteção, os resultados de w tomarão valores positivos, tornando o fator de abastecimento de água (W) cada vez menor. Os valores de w_i estão descritos na Tabela 10:

Tabela 10 – Subfatores de abastecimento de água

| Tipo de reserva de água | w1 |
|--|-----------|
| Reserva de água de uso geral, enchimento automático | 0 |
| Reserva de água de uso geral, enchimento manual | 4 |
| Não existe reserva de água disponível | 10 |
| % de água disponível em relação a quantidade necessária | w2 |
| 0% | 4 |
| 70% | 3 |
| 80% | 2 |
| 90% | 1 |
| Não se aplica (não existe reserva de água disponível) | 0 |
| Rede de distribuição | w3 |
| Rede de distribuição adequada | 0 |
| Rede de distribuição limitada | 2 |
| Ausência de rede de distribuição | 6 |
| Distribuição de hidrantes | w4 |
| Um de 70mm a cada 50m de perímetro | 0 |
| Um de 50mm a cada 100m de perímetro | 1 |
| Menos de uma ligação por 100m de perímetro | 3 |
| Pressão da rede | w5 |
| Pressão estática superior a 35 | 0 |
| Pressão estática inferior a 35 | 3 |

(fonte: SMET, 2008, p. 30)

4.5.2 Fator de proteção normal (N)

São considerados sistemas normais de proteção e combate a incêndio os sistemas de detecção e alarme, extintores e hidrantes, a capacidade de intervenção dos bombeiros e a formação dos ocupantes para o manuseamento dos meios de primeira intervenção. O cálculo do fator de proteção normal (N) segue a mesma lógica do fator de abastecimento de água (W), em que são atribuídos valores superiores a 0 em situações de desconformidade com o caso analisado. Assim, o fator de proteção normal (N) pode ser calculado pela Equação 20:

$$N = 0,95^n \quad (20)$$

Onde:

$$n = \sum ni;$$

ni = subfatores de proteção normal.

A Tabela 11 indica os possíveis valores de n:

Tabela 11 – Subfatores de proteção normal

| Tipo de vigilância | n1 |
|---|-----------|
| Serviço de vigilância organizada, operação manual do sistema de alerta e comunicação aos bombeiros e alarme aos ocupantes | 0 |
| Sem serviço de vigilância organizado | 2 |
| Sem operação manual do sistema de alerta | 2 |
| Sem garantia de comunicação aos bombeiros | 2 |
| Sem alarme para os ocupantes | 2 |
| Combate manual | n2 |
| Número suficiente de extintores | 0 |
| Número insuficiente de extintores | 2 |
| Rede de incêndio armada adequada | 0 |
| Rede de incêndio armada inadequada | 2 |
| Inexistência de rede de incêndio armada | 4 |
| Brigadas de intervenção | n3 |
| Menos de 10 minutos | 0 |
| Entre 10 e 15 minutos | 2 |
| Entre 15 e 30 minutos | 5 |
| Mais de 30 minutos | 10 |
| Formação | n4 |
| Todos os ocupantes sabem usar os extintores e as redes de incêndio armadas | 0 |
| Somente alguns ocupantes sabem usar os extintores e as redes de incêndio armadas | 2 |
| Os ocupantes não tem formação sobre a matéria em causa | 4 |

(fonte: SMET, 2008, p. 31)

4.5.3 Fator de proteção especial (S)

Esse fator leva em conta os meios de proteção que demandam um investimento maior na edificação, como instalações de detecção e extinção automática, além de melhorias nas condições de reservatórios de água. Ao contrário dos itens anteriores, cada subfator somado associa valores maiores às condições mais favoráveis. Desse modo, o fator de proteção especial é calculado pela Equação 21:

$$S = 1,05^s \quad (21)$$

Onde:

$$s = \sum s_i;$$

s_i = subfatores de proteção especial;

A Tabela 12 indica os possíveis valores de s:

Tabela 12 – Subfatores de proteção especial

| Sistemas de detecção automática | s1 |
|--|-----------|
| Sprinklers | 4 |
| Detectores de calor | 5 |
| Detectores de fumo ou chama | 8 |
| Detecção automática com central de comando | 2 |
| Unidades de alarme baseadas na detecção de fumo | 2 |
| Abastecimento de água | s2 |
| Reserva inesgotável (pelo menos 4 vezes superior ao que é necessário) | 3 |
| Somente a que é exigida para o combate ao incêndio | 2 |
| Exclusiva do edifício | 2 |
| Grande fiabilidade (fonte capaz de assegurar um caudal/pressão igual ao dobro do necessário) | 5 |
| Duplicação da fiabilidade (duas fontes capazes, cada uma delas, de assegurar um caudal/pressão igual ao dobro do necessário) | 12 |

Continua

Continuação

| Sprinklers e outros sistemas automáticos de extinção | s3 |
|---|-----------|
| Sprinklers alimentados a partir da rede pública | 11 |
| Sprinklers com uma alimentação exclusiva | 14 |
| Sprinklers com duas alimentações exclusivas | 20 |
| Outros sistemas automáticos de extinção (CO2, espumas, etc) | 11 |
| Capacidade de intervenção dos bombeiros | s4 |
| Corpo de bombeiros com capacidade permanente de intervenção (24 horas por dia, 7 dias por semana) | 8 |
| Corpo de bombeiros profissionais não permanente | 6 |
| Corpo de bombeiros constituídos por profissionais a tempo parcial | 4 |
| Corpo de bombeiros voluntários | 2 |
| Brigada de incêndio industrial só no horário de trabalho | 6 |
| Brigada de incêndio industrial (a tempo completo ou parcial) | 14 |

(fonte: RODRIGUES, 2021)

4.5.4 Fator tempo de reação ao fogo (F)

O método FRAME introduz o fator de reação ao fogo (F), definido pelo valor de resistência ao fogo dos elementos construtivos. Para a determinação desse fator é introduzido o conceito de resistência ao fogo média (f), que inclui no seu cálculo a resistência ao fogo dos elementos estruturais, das paredes exteriores, do teto e das paredes interiores. A resistência ao fogo média (f) é encontrada pela Equação 22:

$$f = \frac{1}{2}fs + \frac{1}{4}ff + \frac{1}{8}fd + \frac{1}{8}fw \quad (22)$$

Onde:

fs = resistência ao fogo dos elementos estruturais;

ff = resistência ao fogo das paredes exteriores;

fd = resistência ao fogo do teto;

fw = resistência ao fogo das paredes interiores.

Deve-se tomar em consideração que as paredes interiores são aquelas que promovam compartimentação entre ambientes de área menor que 1000m², e as paredes exteriores não deverão ter uma resistência ao fogo superior ao dos elementos estruturais. Após determinados os elementos, pode-se obter o valor do fator de reação ao fogo (F) pela Equação 23:

$$F = \left[1 + \left(\frac{f}{100} \right) - \left(\frac{f^{2,5}}{10^6} \right) \right] * [1 - 0,025 * (S - 1)] \quad (23)$$

Onde:

f = resistência ao fogo média;

S = fator de proteção especial.

4.5.5 Fator de evacuação (U)

Analisando o risco para os ocupantes da edificação, o fator de evacuação (U) substitui o os fatores de proteção especial, de abastecimento de água e de resistência ao fogo. Essa substituição de parâmetros parte do princípio que, em caso de risco de incêndio aos ocupantes, qualquer foco de incêndio seria a situação mais crítica, não sendo relevante a quantidade de água para extingui-lo, dispensando os fatores (W) e (S).

O fator de evacuação (U), ou fator de fuga, reflete as condições de compartimentação horizontal e vertical do edifício, as condições do caminho de evacuação, a possibilidade de evacuação para os compartimentos vizinhos, as condições de sinalização, entre outros. Essas condições são divididas entre aquelas que promovem a evacuação, como sinalização das rotas de fuga, e aquelas que impedem a propagação do incêndio, como sistemas de proteção automáticos. O fator U é calculado utilizando a soma dessas medidas de evacuação, sendo encontrado pela Equação 24:

$$U = 1,05^u \quad (24)$$

Onde:

u = Σu_i ;

u_i = subfatores de evacuação.

A Tabela 13 indica os possíveis valores de u:

Tabela 13 – Subfatores de evacuação

| Detecção automática e alarme | u1 |
|---|-----------|
| Por sprinklers | 4 |
| Por detectores térmicos | 5 |
| Por detectores de fumo ou chama | 8 |
| Por unidades autônomas de detecção de fumo | 2 |
| Existência de uma central que comanda o sistema de alarme | 2 |
| Detecção parcial em áreas de elevado risco | 2 |
| O número de pessoas a quem tem de ser comunicado o alarme é inferior a 300 | 2 |
| Existência de mensagens gravadas de apoio à evacuação | 6 |
| Sinalização | u2 |
| Caminhos de evacuação convenientemente sinalizados, incluindo plantas de evacuação | 4 |
| Caminhos de evacuação não sinalizados | 0 |
| Tipos de vias verticais de evacuação | u3 |
| Não existem escadas para evacuação | 0 |
| Escadas interiores abertas | 0 |
| Escada interior fechada | 1 |
| Mais de uma escada interior fechada | 2 |
| Pelo menos uma escada interior fechada e protegida de fumo | 3 |
| Mais de uma escada interior fechada e protegida de fumo | 4 |
| Escada(s) interior(es) e uma escada exterior | 6 |
| Escada interior e mais de uma escada exterior | 8 |
| Escada interior e tobogã exterior ou escada de mão servindo o 1º e o 2º piso | 2 |
| Compartimentação | u4 |
| O edifício não está compartimentado | 0 |
| O edifício está compartimentado por elementos EI 30 em áreas menor que 1000m ² | 2 |
| O edifício está compartimentado por elementos EI 60 em áreas menor que 1000m ² | 4 |

Continua

Continuação

| | |
|---|-----------|
| Meios de controle de fumo | u5 |
| Não existem meios de controle de fumo atuado pelo sistema de detecção | 0 |
| Existem meios adequados de controle de fumo atuado pelo sistema de detecção | 3 |
| Meios automáticos | u6 |
| Proteção parcial por sprinklers (só áreas de elevado risco) | 5 |
| Proteção total por sprinklers | 10 |
| Proteção por outros sistemas automáticos de detecção | 4 |
| Capacidade de intervenção do corpo de bombeiros | u7 |
| Corpo de bombeiros com capacidade permanente de intervenção (24 horas por dia, 7 dias por semana) | 8 |
| Corpo de bombeiros profissionais não permanente | 6 |
| Corpo de bombeiros constituídos por profissionais a tempo parcial | 4 |
| Corpo de bombeiros voluntários | 2 |
| Brigada de incêndio industrial (a tempo completo ou parcial) | 4 |

(fonte: RODRIGUES, 2021)

4.5.6 Fator de salvamento (Y)

Calculado de forma semelhante aos fatores S e U, o fator de salvamento se refere à proteção das áreas vulneráveis para a atividade envolvida, sendo calculado com base na Equação 25:

$$Y = 1,05^y \quad (25)$$

Onde:

$$y = \sum y_i$$

y_i = subfatores de salvamento.

A Tabela 14 indica os possíveis valores de y:

Tabela 14 – Subfatores de salvamento

| Compartimentação | y1 |
|---|-----------|
| Compartimentação em áreas máximas de com elementos EI 30 | 2 |
| Compartimentação em áreas máximas de com elementos EI 60 | 4 |
| Detecção automática em áreas críticas (Cobertura parcial) | 3 |
| Sistema de sprinklers só em áreas críticas (Cobertura parcial) | 5 |
| Outros sistemas automáticos de extinção em áreas críticas | 4 |
| Organização para responder às consequências pós incêndio | y2 |
| Salvaguarda dos aspectos financeiros e de dados | 2 |
| Acesso fácil a peças e equipamentos sobresselentes | 4 |
| Reparação fácil dos danos | 2 |
| Existência de acordos prévia com vista ao reatamento temporário da atividade noutros locais | 3 |
| Diversificação da capacidade de produção | 3 |

(fonte: RODRIGUES, 2021)

5 ESTUDO DE CASO: COOPERATIVA 02 DE JUNHO

Esse capítulo descreve o objeto de estudo do presente trabalho. As informações aqui apresentadas foram colhidas em visitas técnicas ao local, com observações e imagens realizadas in loco pelo autor, além de relatos dos representantes e moradores da edificação. Além disso, o presente trabalho utilizou como fonte de informações o documento Serviço de Arquitetura - Estudo de Viabilidade Econômica para fins de Habitação de Interesse Social para a Cooperativa de Trabalho e Habitação Dois de Junho | Porto Alegre, realizado pela empresa Arquitetura Humana, estudo que foi iniciado em abril de 2018. O estudo de viabilidade realizado pela Arquitetura Humana produziu/gerou as plantas baixas apresentadas no Anexo I do presente trabalho.

5.1 HISTÓRIA DA EDIFICAÇÃO

O prédio da Cooperativa 02 de Junho está situado na Avenida Borges de Medeiros, nº 992, Bairro Centro Histórico, CEP 90020-024, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. A edificação foi construída no ano de 1949, sendo abrigo do Instituto da Previdência do Estado do RS, e assim permaneceu até 1973, quando se tornou de uso da Procuradoria Geral da Justiça, permanecendo até 1991, quando foi desocupado pela instituição. O edifício permaneceu inutilizado até 1999, quando foi ocupado por esposas de policiais militares do Estado. A Cooperativa 02 de Junho teve início no ano de 2017 e foi instituída/criada legalmente em 2018, tendo como seu motivo principal a ocorrência do processo de reintegração de posse do antigo edifício do IPERGS – Instituto de Previdência do Estado do Rio Grande do Sul. As Figuras 06 e 07 mostram um mapa da localização da edificação e a sua fachada, respectivamente.

Figura 06 – Mapa da localização do edifício



(fonte: Google Maps)

Figura 07 – Foto da fachada frontal do edifício



(fonte: Google Maps)

5.2 CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO

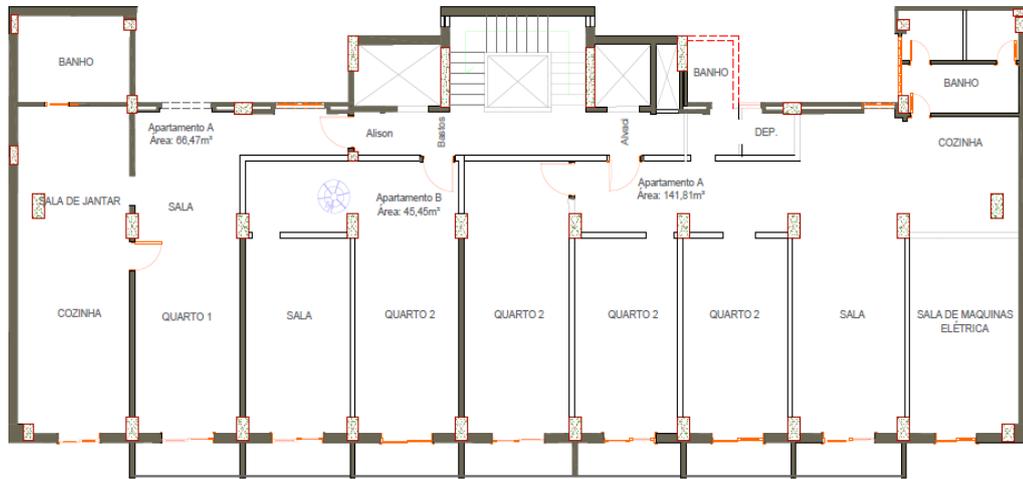
O edifício foi um local para prestação de serviço profissional na área pública (hoje habitado irregularmente por mais de 50 famílias), e possui área construída de aproximadamente 5.612 m². É uma edificação de 12 pavimentos, cada um com o pé direito de 2,80 m, sendo sua altura total 40,50 m. Seu padrão construtivo é o convencional, com estrutura em concreto armado, divisórias em alvenaria e fechamento em esquadrias de madeira e alumínio, e sua entrada principal é na fachada oeste.

Por ser um edifício originalmente projetado para uso comercial, as adequações realizadas para atender as demandas de moradia causaram uma série de mudanças no interior do edifício. Originalmente, a distribuição dos ambientes nos pavimentos era livre, sendo que na data de ocupação do edifício constataram-se apenas a presença de algumas divisórias internas, o que fez com que novas paredes fossem construídas, de modo a dividir as unidades autônomas e seus respectivos cômodos nos pavimentos. Segundo relatos dos moradores locais, desde o início da ocupação se recomenda a execução de novas paredes sendo constituídas de tijolos furados, sendo essa a configuração das divisórias nas unidades autônomas atualmente.

Atualmente, nenhum dos pavimentos segue um *layout* padrão, principalmente se tratando do interior das unidades autônomas, sendo semelhantes apenas algumas das áreas de circulação comum - ainda que não em todos os andares. Os elevadores foram desativados, sendo que a abertura para a caixa dos elevadores é mantida fechada pelos moradores, conforme relatos de moradores locais.

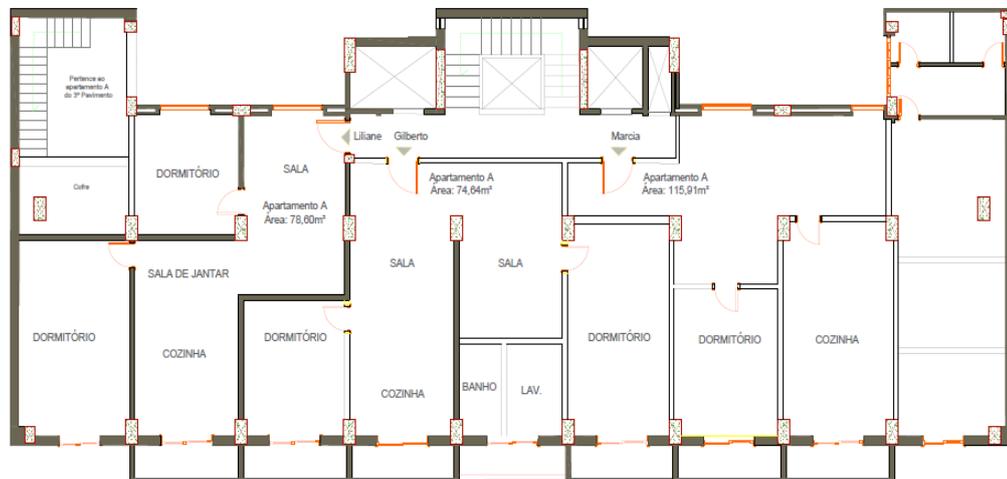
As figuras 08 e 09 apresentam as plantas baixas do 1º e 2º pavimento, respectivamente.

Figura 08 – Planta baixa do 1º pavimento



(fonte: Arquitetura Humana, 2018)

Figura 09 – Planta baixa do 2º pavimento



(fonte: Arquitetura Humana, 2018)

Conforme comentado anteriormente, a única área que apresenta configuração semelhante nos diferentes pavimentos é a área de uso comum, entretanto há pavimentos onde a área comum é completamente diferente dos demais. Assim, mesmo que existam áreas de circulação parecidas,

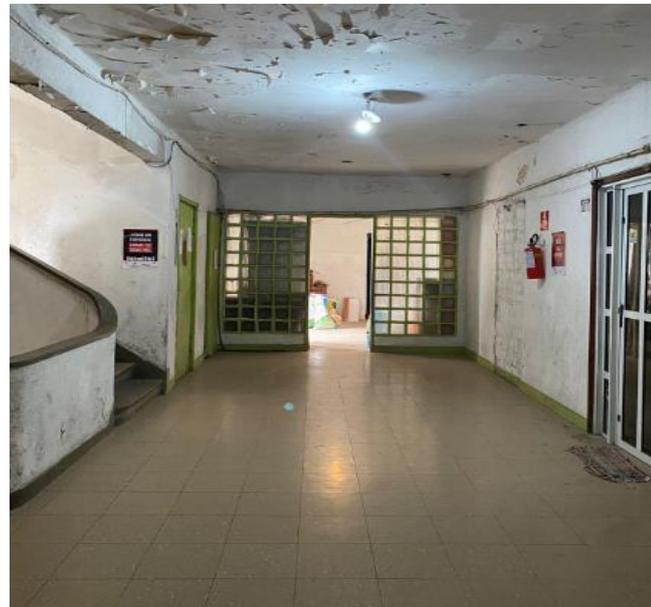
não se pode estabelecer um padrão de repetição ao longo dos pavimentos. As figuras 10, 11 e 12 apresentam fotos das áreas de circulação de alguns dos pavimentos da edificação.

Figura 10 – Área comum da edificação



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 11 – Área comum da edificação



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 12 – Área comum da edificação



(fonte: Arquitetura Humana, 2018)

Além disso, as adequações para uso residencial tornaram necessária a construção de novos banheiros e cozinhas, adaptando existentes e criando novas redes de instalações de água e esgoto, além de adequações no circuito da rede elétrica – na maior parte das vezes não seguindo as diretrizes previstas por norma.

A distribuição dos banheiros é, em boa parte dos pavimentos, localizada na face sudeste, e são compartilhados com os moradores dos apartamentos próximos, total ou parcialmente. Em caso de o banheiro ser comunitário, com uso de mais de um apartamento, foram construídas divisórias visando separar o acesso ao banheiro da circulação comum, sendo essa distribuição entre sanitários e tipos de uso variável entre cada pavimento. Ainda, por conta própria, alguns moradores construíram banheiros dentro de suas unidades, sendo estes localizados em boa parte na fachada frontal do edifício, próximo às sacadas.

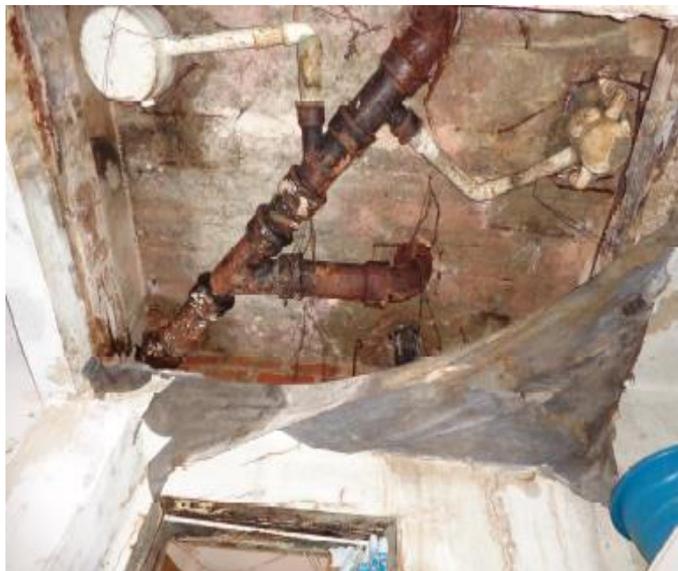
As Figuras 13 e 14 mostram as tubulações hidráulicas improvisadas no edifício, perceptíveis na parte externa da edificação e no interior das unidades autônomas, respectivamente.

Figura 13 – Instalações hidráulicas improvisadas nas fachadas



(fonte: Arquitetura Humana, 2018)

Figura 14 – Instalações hidráulicas a mostra nos apartamentos



(fonte: Arquitetura Humana, 2018)

Tratando-se de segurança contra incêndio, conforme relatos dos representantes locais, registrou-se que o edifício recebeu a visita do CBMRS para verificação quanto as medidas de prevenção contra incêndio aplicadas na Cooperativa. O edifício, por se tratar de uma habitação

irregular, não possui um alvará de segurança contra incêndio, mas tem algumas medidas de proteção aplicadas. A Tabela 15 indica a distribuição de extintores de incêndio nos pavimentos.

Tabela 15 – Número de extintores por pavimento

| Pavimento | Nº extintores |
|------------------|---------------------------|
| Térreo | 1 PQS BC 4KG, 1 AP 10lt |
| 1º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 2º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 3º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 4º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 5º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 6º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 7º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 8º Pavimento | 1 PQS BC 4KG e 1 AP 10lt |
| 9º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 10º Pavimento | 1 PQS ABC 4KG e 1 AP 10lt |
| 11º Pavimento | 1 PQS BC 4KG e 1 AP 10lt |
| 12º Pavimento | 1 PQS BC 4KG e 1 AP 10lt |

(fonte: elaborado pelo autor)

Em visitas ao local, realizadas com acompanhamento dos representantes da Cooperativa, constatou-se que as instalações elétricas não estão em conformidade com o prescrito pela NBR 5410 (ABNT, 2004) e com as boas práticas, conforme Figuras 15, 16 e 17.

Figura 15 – Instalações elétricas em inconformidade



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 16 – Instalações elétricas em inconformidade



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 17 – Instalações elétricas em inconformidade



(fonte: elaborado pelo autor)

5.3 PERFIL DOS OCUPANTES

A ocupação da Cooperativa 02 de Junho é composta por 53 famílias distribuídas em 52 unidades de moradia, sendo estas unidades inadequadas para moradia, segundo o Estudo de Viabilidade realizado pela Arquitetura Humana. O número total de habitantes é estimado em 148 pessoas, sendo a divisão por pavimentos apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 – Número de habitantes por pavimento

| Pavimento | Nº habitantes |
|------------------|----------------------|
| Térreo | 14 |
| 1º Pavimento | 10 |
| 2º Pavimento | 10 |
| 3º Pavimento | 8 |
| 4º Pavimento | 12 |
| 5º Pavimento | 6 |
| 6º Pavimento | 14 |
| 7º Pavimento | 12 |
| 8º Pavimento | 16 |
| 9º Pavimento | 12 |
| 10º Pavimento | 10 |
| 11º Pavimento | 12 |
| 12º Pavimento | 12 |

(fonte: elaborado pelo autor)

O estudo ainda identificou e traçou o perfil das famílias com base em alguns fatores, sendo válido destacar no presente trabalho o fato de que apenas 29% das famílias possuem renda de até 1 salário mínimo, enquanto apenas 15% das famílias possuem uma renda acima de 3,1 salários mínimos. Conforme relato dos representantes da Cooperativa 02 de Junho, é solicitada uma colaboração pecuniária espontânea mensal de parte das famílias habitantes da edificação, porém, apenas 10% delas contribuem. Esses fatores devem ser levados em conta se tratando do fato de que as melhorias em relação as condições habitacionais da Cooperativa 02 de Junho são limitadas pela falta de recursos financeiros. Portanto, muitos dos fatores agravantes ao risco de incêndio da edificação seguem sem previsão de serem solucionados, tendo em vista que existem diversas outras melhorias a serem realizadas no edifício, cabendo aos responsáveis priorizarem quais as melhorias e manutenções devem ser realizadas com base não apenas nas necessidades, mas também nos recursos financeiros disponíveis.

6 APLICAÇÃO DO MÉTODO FRAME NA EDIFICAÇÃO

Este capítulo aborda a aplicação do método FRAME, previamente descrito, no objeto de estudo do presente trabalho. A apresentação da aplicação se dá pela definição dos fatores do risco potencial (P), risco aceitável (A) e nível de proteção (D) para os casos de risco para o edifício e seu conteúdo e risco para os seus ocupantes, não sendo analisado o risco para atividade econômica envolvida, já que se trata de uma habitação multifamiliar.

Os tópicos abaixo descrevem os valores arbitrados para cada fator, sendo que, em caso de fatores diferentes para o risco para o edifício e seu conteúdo (R) e para o risco para seus ocupantes (R1), será especificado qual fator inserido em cada caso. Situações em que os fatores são idênticos para os dois tipos de análise, apresentam o resultado somente uma vez. Partindo de a premissa do método ser calculado para um compartimento, e definindo o edifício como um conjunto de 12 compartimentos, o presente trabalho adota, para a inserção de valores específicos de um pavimento, os valores correspondentes ao pavimento mais crítico da edificação.

6.1 CENÁRIO EXISTENTE

Neste item o Método FRAME é aplicado para a configuração atual da edificação, ou seja, os fatores são determinados com base no uso habitacional e configurações físicas exatamente como encontradas nas visitas e relatórios obtidos.

6.1.1 Risco Potencial

Os itens abaixo apresentarão o cálculo do Risco Potencial (P).

6.1.1.1 Fator carga de incêndio (q)

Para obter o fator carga de incêndio, foi necessário definir os subfatores carga de incêndio mobiliária (Q_m) e carga de incêndio imobiliária (Q_i), conforme segue:

$Q_m = 500 \text{ MJ/m}^2$ - Valor arbitrado para edifícios habitacionais;

$Q_i = 100 \text{ MJ/m}^2$ - Definindo o edifício como “Construção em materiais incombustíveis com 10% de materiais combustíveis para as janelas, isolamento, coberturas, etc.”, já que se trata de uma edificação com método construtivo convencional, com fechamentos em esquadrias de madeira e alumínio.

Assim, aplicando os valores na Equação 5, obtém-se o valor de 1,30 para a carga de incêndio.

6.1.1.2 Fator de propagação (i)

Para obter o fator de propagação, foi necessário definir os subfatores temperatura para danificar os bens (T), dimensão média do material combustível (m) e classe de reação ao fogo dos materiais (M). Nesse caso, foram definidos dois valores para o subfator T, sendo um arbitrado no risco para o edifício e seu conteúdo (T) e outro no risco para seus ocupantes (T1), conforme segue:

$T = 175 \text{ }^\circ\text{C}$ – Tratando-se do risco para o edifício e seu conteúdo interior, foi realizada uma média ponderada entre os itens da Tabela 3, considerando uma parcela da porcentagem total como o item “Valor médio para recheio dos edifícios residenciais ($250 \text{ }^\circ\text{C}$)”;

$T_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ – Tratando-se do risco de incêndio para os ocupantes, foi definido o valor de $100 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo o estimado para a presença de seres humanos;

$m = 0,3$ - Valor médio da dimensão da maior parte dos objetos que usamos diariamente;

$M = 0,5$ – Utilizou-se o valor correspondente à “materiais quase incombustíveis”, utilizando como base a IT10 de São Paulo (2019);

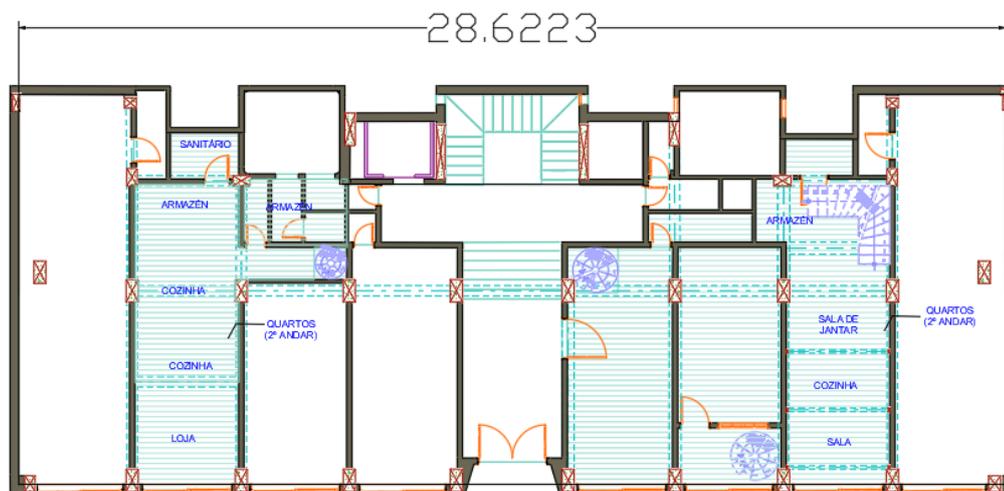
Portanto, aplicando os valores na Equação 6, obtém-se o valor de 0,93 para o edifício e seu conteúdo e 1,00 para os seus ocupantes.

6.1.1.3 Fator de área (g)

Para obter o fator de área, foi necessário definir os subfatores comprimento teórico (l), além do cálculo da área total coberta do compartimento, para definir o valor da largura equivalente (b), conforme segue:

$l = 28,62 \text{ m}$ – constante para todos os pavimentos, medido via projeto no software AutoCad, conforme Figura 18.

Figura 18 – Comprimento teórico



(fonte: Arquitetura Humana, 2018)

Para encontrar o valor da largura equivalente, foi calculada a área da superfície coberta do compartimento, utilizando o *software* AutoCAD, encontrando o valor de $297,22 \text{ m}^2$. Portanto:

$$b = 10,38 \text{ m};$$

Além disso, o edifício foi definido como fachada longa, mantendo a relação entre b e l. Portanto, aplicando os valores na Equação 7, obtém-se o valor de 0,47 para o fator de área.

6.1.1.4 Fator altura do edifício (e)

Para obter o fator altura do edifício, foi necessário definir o subfator número de andares acima da referência (E), conforme segue:

$$E = 11 - \text{número de pavimentos acima do térreo};$$

Portanto, aplicando os valores na Equação 8, obtém-se o valor de 1,77 para o fator altura do edifício.

6.1.1.5 Fator de ventilação (v)

Para obter o fator de ventilação, foi necessário definir os subfatores carga calorífica (Q_m), coeficiente de ventilação (k) e altura do compartimento (h), conforme segue:

$$Q_m = 500 \text{ MJ/m}^2 - \text{Valor arbitrado para edifícios habitacionais};$$

$$k = 0,018 - \text{Valor encontrado com base no cálculo do compartimento mais crítico da edificação, que é aquele em que a ventilação do fumo para o exterior é menor};$$

$$h = 2,8 \text{ m} - \text{pé direito do compartimento, da laje osso do nível do pavimento até a face inferior da laje superior do pavimento acima, constante para todos os pavimentos.}$$

Para encontrar o valor k, foi realizada uma análise das janelas com ventilação externa dos pavimentos, onde foi possível observar que a sua maioria é composta por 14 esquadrias externas. Uma das exceções é o 1º pavimento, em que uma das esquadrias da circulação foi substituída por uma adequação de banheiro, enquanto a outra, que é o caso mais crítico da edificação, é o térreo. Este pavimento possui uma ventilação externa menor, já que suas esquadrias na face leste são inexistentes, uma vez que essa fachada tem contato com edificações vizinhas nesse nível do edifício. Além disso, as janelas da face oeste, fachada principal do edifício, tem dimensão menor do que a as do restante da edificação

Portanto, aplicando os valores na Equação 9, obtém-se o valor de 0,94 para o fator de ventilação.

6.1.1.6 Fator de acessibilidade (z)

Para obter o fator de acessibilidade, foi necessário definir os subfatores número de fachadas acessíveis (Z), altura do prédio (H), além do previamente calculado largura equivalente (b), conforme segue:

$Z = 1$ – o edifício possui somente uma fachada acessível, a fachada oeste, na Avenida Borges de Medeiros;

$H+ = 37,5$ m – é a altura entre o piso do térreo no nível da entrada principal e o piso do terraço, conforme mostra a Figura 19. Vale ressaltar que o subfator H- foi desconsiderado, já que não há subsolo na edificação.

Figura 19 – Altura da edificação até o piso do terraço



(fonte: Arquitetura Humana, 2018)

$$b = 10,38 \text{ m.}$$

Portanto, aplicando os valores na Equação 10, obtém-se o valor de 1,1 para o fator de acessibilidade.

Assim, aplicando os valores dos fatores calculados na Equação 2 e na Equação 3, respectivamente, obtém-se o valor de 1,03 para o risco potencial para o edifício e seu conteúdo e o valor de 2,39 para o risco para seus ocupantes.

A Tabela 17 apresenta, de maneira resumida, os parâmetros inseridos nos cálculos e os respectivos resultados encontrados.

Tabela 17: Risco potencial

| Descrição | Edifício e seu conteúdo | Ocupantes |
|--|--------------------------------|------------------|
| Fator carga de incêndio (q) | 1,3 | 1,3 |
| Qm (MJ/m ²) | 500 | 500 |
| Qi [MJ/m ²] | 100 | 100 |
| Fator de propagação (i) | 0,93 | 1,00 |
| T (°C) | 175 | 100 |
| m | 0,3 | 0,3 |
| M | 0,5 | 0,5 |
| Fator de área (g) | 0,47 | 0,47 |
| b (m) | 10,38 | 10,38 |
| l [m] | 28,62 | 28,62 |
| Fator de altura do edifício (e) | 1,77 | 1,77 |
| E | 11 | 11 |
| Fator de ventilação (v) | 0,94 | 0,94 |
| Qm [MJ/m ²] | 500 | 500 |
| k | 0,018 | 0,018 |
| h [m] | 2,8 | 2,8 |
| Fator de acessibilidade (z) | 1,1 | 1,1 |
| Z | 1 | 1 |
| H [m] | 37,5 | 37,5 |
| b (m) | 10,38 | 10,38 |
| RISCO POTENCIAL | 1,03 | 2,39 |

(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.2 Risco Aceitável

Os itens abaixo apresentarão o cálculo do Risco aceitável (A).

6.1.2.1 Fator de ativação (a)

Para encontrar o fator de ativação, foi necessário somar os subfatores de ativação característicos do edifício, conforme segue:

$a_1 = 0$ – Atividades não industriais;

$a_2 = 0$ – Não possui nenhum dos sistemas de aquecimento especificados;

$a_3 = 0$ – Não possui nenhum dos sistemas de aquecimento especificados;

$a_4 = 0$ – Não possui nenhum dos sistemas de aquecimento especificados;

$a_5 = 0,2$ – Instalações elétricas não conformes de acordo com as regras de instalação;

$a_6 = 0$ – Sem risco de explosão;

$a_7 = 0$ – Não há tratamento de superfícies com produtos inflamáveis.

Portanto, conclui-se que o fator de ativação é igual a 0,2.

6.1.2.2 Fator tempo de evacuação (t)

Para definir o fator tempo de evacuação, foi necessário definir os subfatores número de pessoas (Noc), número de unidades de passagem (nup), fator de mobilidade (p) e número de direções distintas (K), além dos previamente calculados: comprimento teórico (l), largura equivalente (b), e altura da edificação (H+). Assim, seguem listados os valores adotados:

$Noc/nup = 6,70$;

$p = 1,1$ – Considerado 90% de “pessoas independentes e móveis”, conforme relato dos moradores do local;

$K = 1$;

$l = 28,62$ m;

$b = 10,38$ m;

Para calcular a relação número de pessoas por unidades de passagem, foi necessário analisar qual o caso mais crítico da edificação. Como o número de habitantes e o número de unidades de passagem de um pavimento não são constantes, e partindo do princípio que uma unidade de passagem corresponde a 0,55m, foi calculada a relação Noc/nup para cada pavimento, sendo o compartimento mais crítico o 6º pavimento, conforme Tabela 18.

Tabela 18 – Relação Noc/nup

| Pavimento | População | Dimensão do acesso | Nº unidades de passagem | Noc/nup |
|------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------|
| Térreo | 14 | 1,68 | 3,00 | 4,67 |
| 1º Pavimento | 10 | 1,19 | 2,00 | 5,00 |
| 2º Pavimento | 10 | 1,19 | 2,00 | 5,00 |
| 3º Pavimento | 8 | 1,16 | 2,00 | 4,00 |
| 4º Pavimento | 12 | 1,20 | 2,00 | 6,00 |
| 5º Pavimento | 6 | 1,15 | 2,00 | 3,00 |
| 6º Pavimento | 14 | 1,15 | 2,00 | 7,00 |
| 7º Pavimento | 12 | 1,11 | 2,00 | 6,00 |
| 8º Pavimento | 16 | 2,78 | 5,00 | 3,20 |
| 9º Pavimento | 12 | 1,18 | 2,00 | 6,00 |
| 10º Pavimento | 10 | 1,18 | 2,00 | 5,00 |
| 11º Pavimento | 12 | 1,18 | 2,00 | 6,00 |
| 12º Pavimento | 12 | 1,18 | 2,00 | 6,00 |

(fonte: elaborado pelo autor)

Portanto, aplicando os valores na Equação 13, obtém-se o valor de 0,09 para o fator tempo de evacuação.

6.1.2.3 Fator do conteúdo (c)

O fator do conteúdo é aplicado exclusivamente no risco para o edifício e seu conteúdo, e para defini-lo, basta somar os subfatores substituição do interior (c1) e valor monetário do interior (c2). Assim, pode-se concluir que o fator do conteúdo é igual a 0, conforme abaixo:

$$c1 = 0 - \text{Edificação facilmente substituível};$$

$c_2 = 0$ – Valor monetário do interior abaixo do mínimo arbitrado pelo método.

6.1.2.4 Fator de propagação (r)

O fator de propagação é aplicado exclusivamente no risco para os seus ocupantes, sendo calculado a partir da Equação 15, utilizando os já calculados subfatores Q_i e M :

$Q_i = 100 \text{ MJ/m}^2$ - Construção em materiais incombustíveis com 10% de materiais combustíveis para as janelas, isolamento, coberturas, etc;

$M = 0,5$ – Utilizou-se o valor correspondente à “materiais quase incombustíveis”, utilizando como base a IT10 de São Paulo (2019).

Portanto, tem-se que o fator de propagação r é igual a 0,25.

Assim, utilizando dos fatores calculados, aplica-se a Equação 11 e obtém-se o valor de risco aceitável para o edifício e seu conteúdo de 1,31 e risco aceitável para seus ocupantes de 1,06.

A Tabela 19 apresenta, de maneira resumida, os parâmetros inseridos nos cálculos e os respectivos resultados encontrados.

Tabela 19: Risco aceitável

| Descrição | Edifício e seu conteúdo | Ocupantes |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Fator de ativação (a) | 0,2 | 0,2 |
| a | 0,2 | 0,2 |
| Fator tempo de evacuação (t) | 0,09 | 0,09 |
| Noc | 14,00 | 14,00 |
| Noc/nup | 7,00 | 7,00 |
| p | 1,10 | 1,10 |
| k | 1 | 1 |
| l [m] | 28,62 | 28,62 |
| b [m] | 10,38 | 10,38 |
| H+ | 37,50 | 37,50 |
| Fator do conteúdo (c) | 0 | - |
| c1 | 0 | - |
| c2 | 0 | - |
| Fator de propagação (r) | - | 0,25 |
| Qi [MJ/m ²] | - | 100 |
| M | - | 0,5 |
| RISCO ACEITÁVEL | 1,31 | 1,06 |

(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.3 Nível de proteção

Os itens abaixo apresentarão o cálculo do Nível de proteção (N).

6.1.3.1 Fator de abastecimento de água (W)

Para definir o fator de abastecimento de água, foi necessário somar os subfatores de abastecimento de água (w), conforme segue:

w1 = 10 – Não se aplica pois não existem hidrantes no edifício;

w2 = 0 – Não se aplica quando não há reserva de água disponível;

w3 = 6 – Não se aplica pois não existem hidrantes no edifício;

w4 = 3 – Não se aplica pois não existem hidrantes no edifício;

w5 = 3 – Não se aplica pois não existem hidrantes no edifício.

Portanto, o somatório dos valores de w encontrados é igual a 22, gerando o valor de 0,32 para o fator de abastecimento de água.

6.1.3.2 Fator de proteção normal (N)

Para definir o fator de proteção normal, foi necessário somar os subfatores de proteção normal (n), conforme segue:

n1 = 8 – Não se aplica nenhum dos requisitos previstos;

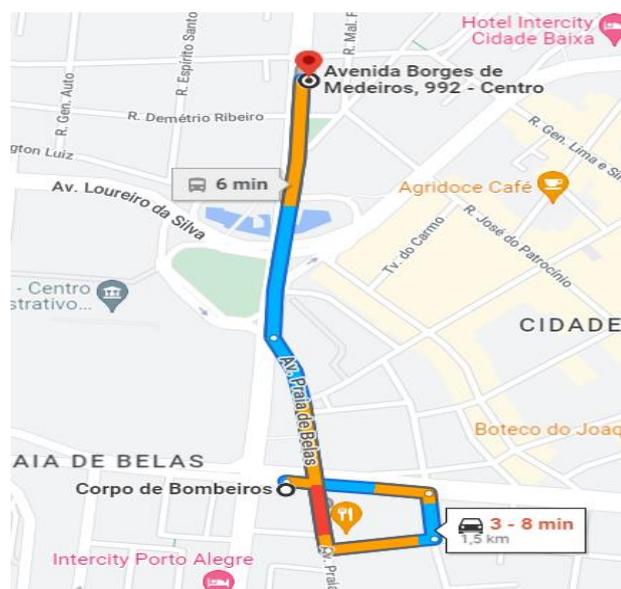
n2 = 4 – Número suficiente de extintores na edificação, porém inexistência de rede de incêndio armada;

n3 = 0 – Brigadas de incêndio há menos de 10 minutos da edificação;

n4 = 2 – Somente alguns ocupantes sabem usar os extintores no edifício.

Para determinação do n3, foi realizado conforme uma estimativa do Corpo de Bombeiros mais próximo, localizado na Avenida Aureliano de Figueiredo Pinto, número 345, considerando horário de pico (18:00) em dia útil, conforme Figura 20.

Figura 20 – Tempo de intervenção do Corpo de Bombeiros mais próximo



(fonte: Google Maps, 2022)

Para a determinação do n_4 , mesmo considerando que existe um número significativo de pessoas com Treinamento de Brigada de Incêndio, optou-se por não utilizar o fator correspondente à “Todos os ocupantes sabem usar os extintores e as redes de incêndio armadas”, indo a favor da segurança na execução do método.

Portanto, o somatório dos valores de n encontrados é igual a 14, gerando o valor de 0,49 para o fator de proteção normal.

6.1.3.3 Fator de proteção especial (S)

Para definir o fator de proteção especial, foi necessário somar os subfatores de proteção especial (s), conforme segue:

$s_1 = 0$ – Não se aplicam nenhum dos sistemas especificados;

$s_2 = 0$ – Não há reserva de abastecimento de água;

$s_3 = 0$ – Não há rede de sprinklers;

$s_4 = 8$ – Corpo de Bombeiros com capacidade permanente de intervenção.

Portanto, o somatório dos valores de w encontrados é igual a 8, gerando o valor de 1,48 para o fator de proteção especial.

6.1.3.4 Fator de reação ao fogo (F)

Para estabelecer o fator de reação ao fogo, primeiramente deve-se calcular o subfator resistência ao fogo média (f), calculado pela Equação 20. Para tal, foram estimados os seguintes valores de resistência ao fogo:

$f_s = 60\text{min}$, para elementos estruturais;

$f_f = 60\text{min}$, para alvenarias exteriores;

$f_d = 60\text{min}$, para o teto;

$f_w = 30\text{min}$, para alvenarias interiores.

Assim, aplicando esses valores na Equação 20, encontra-se o valor para a resistência ao fogo média de 56,25. Com isso, utilizando a Equação 21, define-se o valor do fator de reação ao fogo como 1,52.

6.1.3.5 Fator de evacuação (U)

Para definir o fator de evacuação, foi necessário somar os subfatores de evacuação (u) conforme segue:

- u1 = 0 – Não possui nenhum sistema de detecção automática;
- u2 = 4 – Há sinalização e iluminação dos caminhos de evacuação;
- u3 = 0 – Existem apenas escadas interiores abertas na edificação;
- u4 = 0 – O edifício não está compartimentado;
- u5 = 0 – Não existem meios de controle de fumo;
- u6 = 0 – Não existem meios de combate automáticos;
- u7 = 8 – Corpo de Bombeiros com capacidade permanente de intervenção.

Portanto, o somatório dos valores de u encontrados é igual a 12, gerando o valor de 1,8 para o fator de evacuação.

A Tabela 20 apresenta, de maneira resumida, os fatores obtidos nos cálculos e os respectivos resultados encontrados.

Tabela 20: Nível de proteção

| Descrição | Edifício e seu conteúdo | Ocupantes |
|---|--------------------------------|------------------|
| Fator de abastecimento de água (W) | 0,32 | - |
| $\sum w_i$ | 22,00 | - |
| Fator de proteção normal (N) | 0,49 | 0,49 |
| $\sum n_i$ | 14,00 | 14 |
| Fator de proteção especial (S) | 1,48 | - |
| $\sum s_i$ | 8,00 | - |
| Fator de reação ao fogo (F) | 1,52 | - |
| fs | 60 | - |
| ff | 60 | - |
| fd | 60 | - |
| fw | 30 | - |
| f | 56,25 | - |
| Fator de evacuação (U) | - | 1,8 |
| $\sum u_i$ | - | 12,00 |
| NÍVEL DE PROTEÇÃO | 0,35 | 0,88 |

(fonte: elaborado pelo autor)

6.2 CENÁRIO COM A APLICAÇÃO DE UM PrPCI NA EDIFICAÇÃO

Neste item o Método FRAME é aplicado para a configuração hipotética na qual a edificação estivesse atendendo aos requisitos exigidos por PrPCI, ou seja, os fatores são determinados com base no uso habitacional considerando-se um cenário no qual as exigências legais já estivessem implementadas. Para tornar a descrição mais objetiva, optou-se por elencar apenas os fatores e subfatores que foram alterados em relação ao capítulo 7.1.

Para estabelecer as medidas a serem implementadas na edificação, deve-se defini-las quanto às classificações das tabelas do Anexo I do Decreto Estadual nº 51.803/2014. Segundo a Tabela 1, que classifica a edificação quanto à ocupação, o objeto de estudo se enquadra na divisão A-2, sendo uma habitação multifamiliar. Segundo a Tabela 2, que classifica a edificação quanto à altura, podemos definir o objeto de estudo como Tipo VI, acima de 30,00 m. Seguindo a Tabela

3, que classifica a edificação quanto à carga de incêndio, com o auxílio da Tabela 3.1, se define o edifício como Risco Baixo (até 300 MJ/m²).

Para classificar as medidas de segurança necessárias para a edificação, primeiramente definiu-se o objeto de estudo como uma Edificação Não Regularizada, já que não é detentora de habite-se, não possui projeto protocolado na prefeitura municipal e não possui um PPCI protocolado pelo CBMRS. Soma-se a isso o fato de que a documentação emitida por órgão público que comprove a sua existência, com área e atividade da época, define uma edificação de uso comercial, não condizente com o uso habitacional dos dias de hoje. Portanto, essa definição faz com que as medidas de segurança necessárias a serem atendidas devam ser consultadas no Decreto Estadual nº 51.803/2014, tabela 6A, no Anexo II do presente trabalho.

A Tabela 19 traz as medidas de segurança contra incêndio a serem atendidas pelo objeto de estudo, informando qual documento a ser utilizado como referência, informados na Resolução Técnica 01 (CBMRS, 2022).

Tabela 21: Atendimento às medidas de segurança

| Medidas de Segurança Contra Incêndio | Referencial |
|---|----------------------------------|
| Acesso de viatura na edificação | IT 06, CBMSP |
| Segurança Estrutural contra Incêndio | IT 08, CBMSP |
| Compartimentação Vertical | IT 09, CBMSP e Portaria 12 CBMSP |
| Controle de Materiais de Acabamento | IT 10, CBMSP |
| Saídas de Emergência | RT 11, CBMRS |
| Brigada de incêndio | RT 14, BM-CCB/2009 |
| Iluminação de Emergência | NBR 10898, ABNT |
| Alarme de Incêndio | NBR 17240 e NBR ISO 7240, ABNT |
| Sinalização de Emergência | RT 12, CBMRS |
| Extintores | RT 14, CBMRS |
| Hidrante | NBR 13714/00, ABNT |

(fonte: elaborado pelo autor)

6.2.1 Alterações no método FRAME

Levando em consideração as medidas de segurança a serem implementadas na edificação, conforme apresentado no item anterior, foi realizada a aplicação do Método FRAME para duas situações: um cenário ideal, em que a edificação atenderia todos os requisitos estabelecidos por lei, e aquela em que se faz necessário o uso de medidas compensatórias, no caso de inviabilidade técnica de alguma das medidas de segurança previstas.

Identificou-se que as medidas de segurança contra incêndio alteram os fatores que calculam o Risco Aceitável (A) e o Nível de proteção (D), e os itens a seguir descrevem os parâmetros a serem alterados em cada caso.

6.2.1.1 Cenário ideal

No caso de uma edificação com as mesmas características do objeto de estudo, semelhante em número de pavimentos, habitantes, método construtivo, aberturas e demais especificações, desconsiderando qualquer inviabilidade técnica de execução de alguma medida de SCI, pode-se aplicar o Método de FRAME para calcular o risco de incêndio de maneira semelhante à do risco de incêndio para o cenário atual, com a alteração de alguns fatores.

Com a necessidade da implementação de hidrantes, foram alterados os subfatores de abastecimento de água, considerando uma reserva de água de uso geral com enchimento automático, rede de distribuição limitada e demais subfatores de acordo com o que prevê a NBR 13714 (ABNT, 1998), gerando um somatório igual a 6. Além disso, alteram-se os subfatores de proteção normal, considerando a existência de alarmes para os ocupantes, gerando um somatório igual a 6, e dos subfatores de proteção especial, já que contam com a implementação de detectores de fumaça e rede de abastecimento gerando um somatório igual a 20. Além disso, a legislação prevê, conforme a Tabela 4, no Anexo C da RT11 Parte 1 (CBMRS, 2016), que a edificação deve ter escada enclausurada protegida, uma vez que possui a área de seus pavimentos inferior a 750 m² e altura acima de 30 m, porém inferior a 50 m., assim, a implementação das medidas de SCI previstas por lei alteraram significativamente os subfatores de evacuação, incluindo detectores de fumaça, caminhos de evacuação convenientemente sinalizados e escada interior fechada e protegida gerando um somatório igual a 25.

6.2.1.1 Cenário ideal com medidas compensatórias

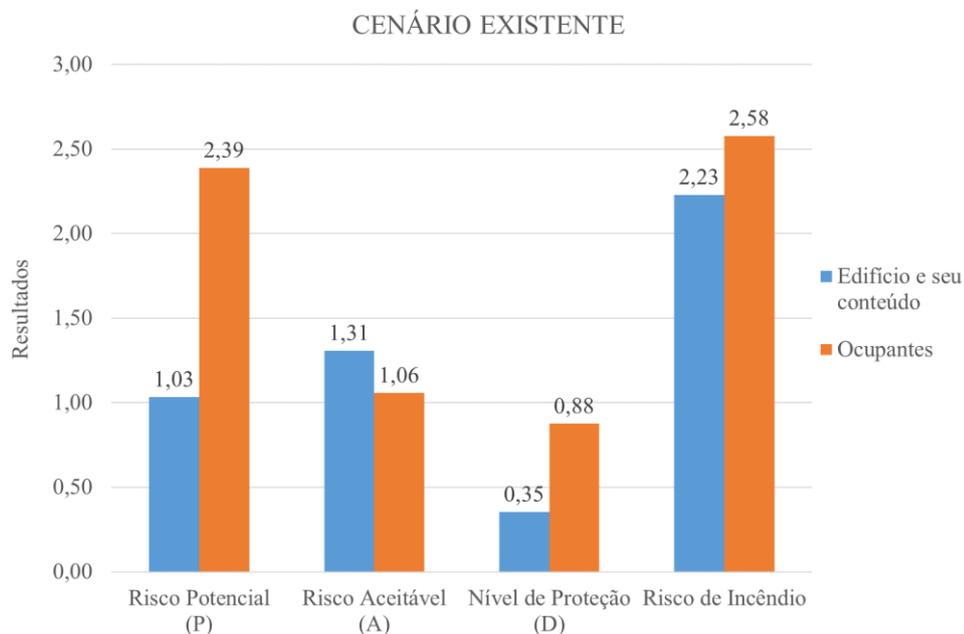
Nesse caso, aplicou-se o método FRAME para o cenário em que há um PrPCI aprovado com o uso de medidas compensatórias, para casos em que há inviabilidade técnica na aplicação de alguma medida prevista na legislação. Para a aplicação, foi utilizada a Tabela 1 do Anexo C da RT 05 Parte 7 (CBMRS, 2020), encontrada no Anexo 03 deste trabalho, que sugere algumas medidas compensatórias a serem implementadas em cada caso.

Para esse estudo, foi considerado como inviabilidade técnica as medidas de compartimentação vertical, uma vez que não é possível enclausurar as escadas da edificação, sendo considerada como medida compensatória o controle dos materiais de revestimento, aumentando o tempo de reação ao fogo das paredes divisórias, elevando o nível de proteção da edificação. Além disso, considerou-se inviabilidade técnica a implementação das medidas em relação as saídas de emergência, uma vez que a largura das escadas não atende a mínima dimensionada pela RT 11 Parte 1 (CBMRS, 2016). Para isso, foi escolhida como medida compensatória limitar a população em função das saídas de emergência, diminuindo a relação Noc/nup do pavimento mais crítico da edificação, além de aumentar o número de brigadistas da edificação, em paralelo com o treinamento para que todos os ocupantes saibam usar os meios de combate a incêndio da edificação, alterando o fator de proteção normal (n). Ainda, para fins de atendimento às premissas previstas por lei, foi analisada a implementação de uma escada externa para evacuação, uma vez que a distância máxima a percorrer supera o limite estabelecido pela Tabela 3 do Anexo B da RT 11 Parte 1 (CBMRS, 2016), porém, percebeu-se inviabilidade técnica em decorrência da proximidade com as edificações vizinhas.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO FRAME PARA OS TRÊS CENÁRIOS ADOTADOS

Os Apêndices A, B e C, ao final deste trabalho, trazem as tabelas resumo com os fatores inseridos para o cálculo do risco de incêndio em cada um dos três casos analisados: cenário existente, cenário ideal com PrPCI completo e cenário com a aplicação de medidas compensatórias. A Figura 21 traz um gráfico mostrando os resultados obtidos para o cenário existente da edificação.

Figura 21 – Resultados para o cenário existente

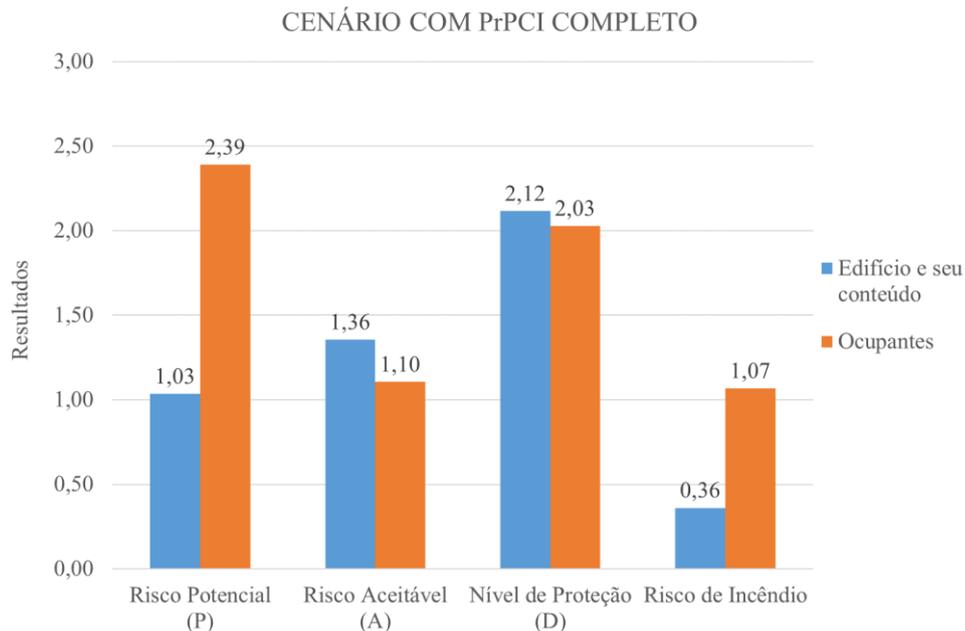


(fonte: elaborado pelo autor)

Dentre os valores obtidos, destaca-se o elevado valor do risco potencial para os ocupantes da edificação, uma vez que o fator de área é desconsiderado para seu cálculo. Além disso, nota-se um nível de proteção muito baixo, tanto para o edifício e seu conteúdo quanto para seus ocupantes, sendo o principal motivo o valor elevado dos subfatores de abastecimento de água e de proteção normal, dado pela ausência de meios de detecção e combate a incêndio na edificação.

A Figura 22 apresenta os resultados encontrados para o cenário ideal com a existência de um PrPCI aprovado na edificação sem a necessidade do uso de medidas compensatórias.

Figura 22 – Resultados para o cenário com PrPCI sem inviabilidades técnicas



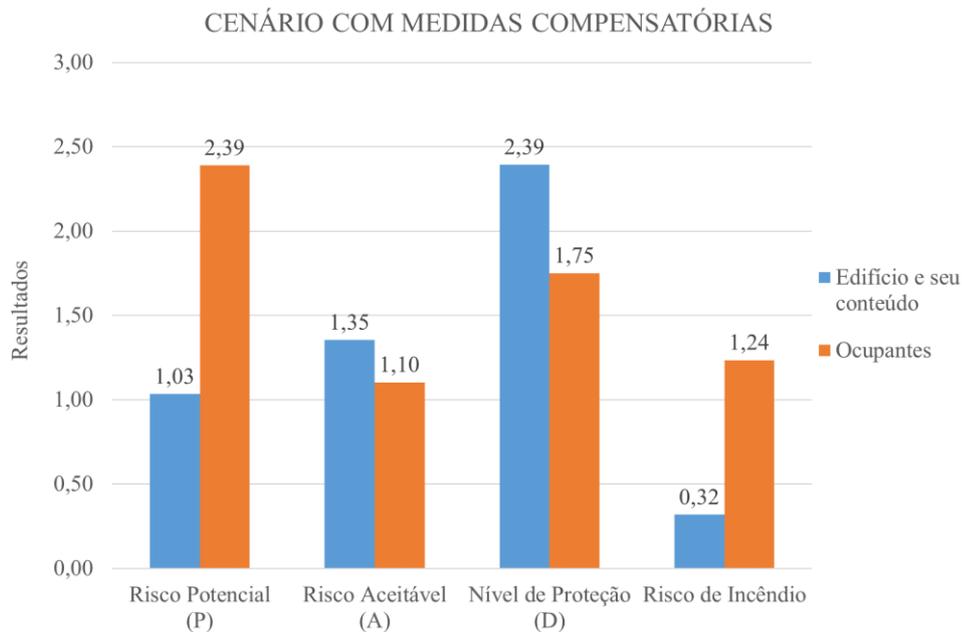
(fonte: elaborado pelo autor)

É possível notar que as implementações de medidas de segurança de acordo com a legislação atual não alteram o risco potencial da edificação, mostrando que o Método FRAME define, em sua maioria, como parâmetros relevantes na definição do risco potencial, as características “físicas” da edificação, como o número de fachadas acessíveis, as cargas de incêndio mobiliária e imobiliária ou as dimensões do edifício, ou seja, aquelas características em que pouco se pode intervir para minimizar o risco de incêndio.

Por outro lado, as medidas que minimizam o risco de incêndio foram majoradas consideravelmente, o que mostra que, para o método FRAME, as medidas de segurança contra incêndio previstas pela legislação são bastante eficazes no risco de incêndio global da edificação. Porém, nota-se que apenas a existência de hidrantes na edificação, que altera o fator de abastecimento de água (W), aumenta significativamente os valores dos níveis de proteção encontrados, tornando o risco de incêndio global inferior a 1 para o edifício e seu conteúdo, mesmo que as demais medidas não tenham sido implementadas, o que mostra que parece existir uma ponderação inadequada desse item por parte do método.

A Figura 23 apresenta o cenário mais provável para o futuro da edificação em caso da implementação de um PrPCI, sendo aquele em que se considera a aplicação de medidas compensatórias nos casos em que existe inviabilidade técnica na premissa a ser atendida.

Figura 23 – Resultados para o cenário com medidas compensatórias



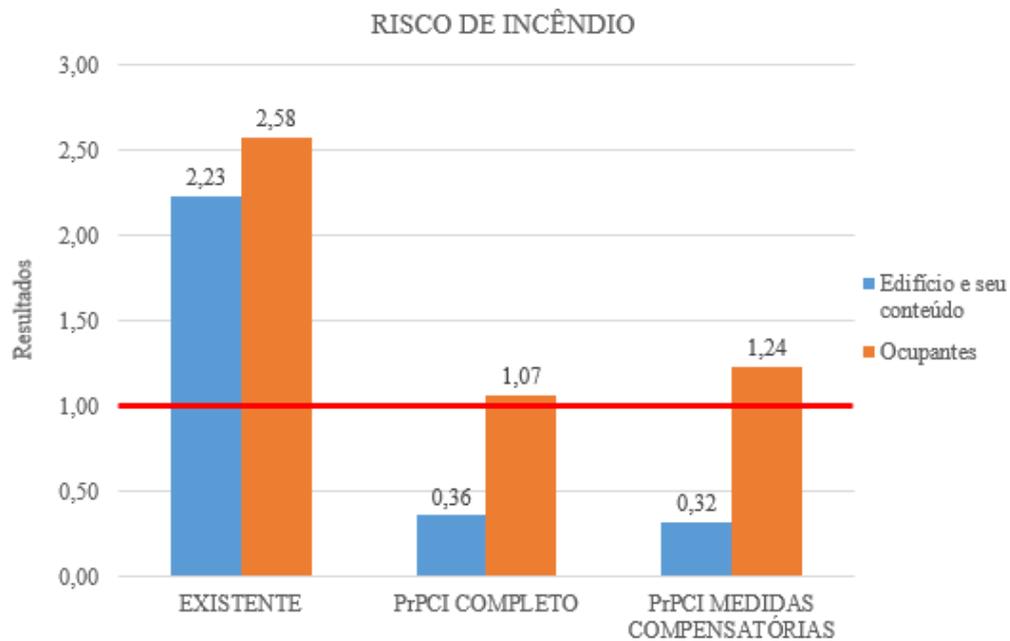
(fonte: elaborado pelo autor)

Nota-se que a implementação de medidas compensatórias é bastante eficaz no risco de incêndio para o edifício e seu conteúdo, porém, não consegue manter a proximidade do nível de segurança 1 para os ocupantes.

As medidas compensatórias escolhidas para suprir a inviabilidade técnica para a execução da escada protegida trouxeram benefícios, em sua maioria, para o edifício e seu conteúdo, mostrando que, segundo o método, tais sugestões propostas são menos eficazes se tratando de garantir a segurança dos usuários.

A Figura 24 traz, por fim, os resultados finais de análise de risco de incêndio para os três cenários estudados, ilustrando a linha com o valor 1 como o nível de segurança a ser atendido para o Método FRAME.

Figura 24 – Risco de incêndio para os cenários estudados



(fonte: elaborado pelo autor)

Assim, pode-se concluir que a implementação de um PrPCI na edificação influencia diretamente no risco de incêndio para o edifício e seu conteúdo, além de diminuir significativamente o risco para seus ocupantes, ainda que não o suficiente para definir a edificação como segura segundo o Método FRAME.

Analisando os resultados observa-se que, para o Método FRAME, as medidas de prevenção e combate a incêndio previstas pela legislação brasileira são bastante eficazes para garantir a integridade da edificação, porém, possuem esse efeito em uma grandeza menor tratando-se da segurança de seus ocupantes. Tal situação indica que, mesmo diminuindo consideravelmente o risco de incêndio e conseguindo manter esses resultados utilizando medidas compensatórias em casos de inviabilidade técnica de alguma premissa – tomando como referência as sugestões da legislação para cada caso, os meios de combate que visem uma evacuação segura e eficaz por parte dos ocupantes da edificação deveriam ser melhor abordados.

Em relação às medidas compensatórias, o presente trabalho buscou refletir o cenário mais viável para o objeto de estudo. Para isso, evitou-se utilizar medidas compensatórias que dificilmente seriam aplicadas no edifício, como o uso de sprinklers, seja por questões financeiras, seja por demais características da edificação elencadas nos capítulos supracitados.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs a análise de risco de incêndio do edifício da Cooperativa 02 de Junho, no centro de Porto Alegre, utilizando o Método FRAME. Uma das motivações do trabalho foi a tragédia recente do edifício Wilton Paes de Almeida, em São Paulo, que também se tratava de uma habitação irregular em um edifício originalmente não designado para fins habitacionais.

Observou-se que o risco de incêndio para o cenário existente é bastante elevado, porém, consideravelmente minimizado com a implementação das medidas previstas pela legislação. Essas medidas foram inseridas principalmente no cálculo do nível de proteção, tendo o maior efeito nos resultados finais aquelas provenientes dos sistemas de detecção e alarme de incêndio e de implementação de redes de hidrantes. Além disso, observou-se a eficácia das medidas compensatórias no risco de incêndio encontrado, mantendo o risco baixo para a edificação, porém, sem ter o efeito na mesma proporção para o risco para os ocupantes.

Nota-se que o Método FRAME poderia ter algumas medidas de prevenção e proteção contra incêndio melhor especificadas em seus fatores. Como exemplo, observa-se que para o cenário ideal na edificação em estudo, pouco influenciaria nos resultados a existência de uma escada enclausurada na edificação, mesmo que a distância a ser percorrida pelos ocupantes seja menor, uma vez que não é medida no interior das escadas enclausuradas, conforme Nota (H) do Anexo B da RT 11 Parte 1 (CBMRS, 2016).

Apesar de considerada apenas uma vez em todo o procedimento de cálculo, a não conformidade das instalações elétricas tem uma influência bastante significativa nos resultados finais. Porém, aplicando o método para os cenários em que existe um PrPCI aprovado na edificação, esse fator não se altera, uma vez que não existem especificidades na legislação de prevenção contra incêndio em relação à qualidade das instalações elétricas da edificação. Tal fator deve ser levado em conta uma vez que a ocorrência de curtos circuitos é um dos grandes fatores de ignição que podem gerar o acontecimento de sinistros.

O estudo em torno da SCI ainda não possui a devida atenção no Rio Grande do Sul e no Brasil, apesar de ser possível notar um avanço significativo nos últimos anos, e espera-se notar cada vez mais a presença desse tema nos currículos escolares. O presente trabalho permitiu observar

a influência positiva dos métodos impostos pela legislação no risco de incêndio de uma edificação, e a eficácia das medidas compensatórias implementadas em casos de inviabilidades técnicas, mesmo que, para o caso do objeto de estudo desse presente trabalho, possuam um desempenho mais significativo para a segurança do patrimônio do que para seus ocupantes.

Em relação ao Método FRAME, sugere-se um estudo em que se estabeleça uma melhor ponderação dos fatores já existentes, além da adaptação de novos parâmetros para análise considerando outras especificidades. Para o caso do objeto de estudo, notou-se a ausência da consideração de itens relevantes em situação de evacuação, como a presença de grades obstruindo as passagens de saída das unidades autônomas, bastante comum na edificação estudada. Além disso, por se tratar de um método aplicável em diferentes situações, muito além do uso residencial, notou-se a ponderação demasiada de fatores relacionados à indústria, por exemplo, situação que pode ter minimizado o efeito de outros parâmetros, que não tiveram a devida influência nos resultados obtidos para o caso residencial.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13860: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000. 25p.

ABNT. **NBR 10898: Sistemas de iluminação de emergência**. Rio de Janeiro: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT. **NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001. 14p.

ABNT. **NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998. 14p

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA. **DEC nº 53.280**. Disponível em:
<<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2053.280retificado.pdf>>.
Acesso em: 24 set. 2022

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA. **LC nº 14.376**. Disponível em:
<<http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisComp/Lec%20n%C2%BA%2014.376.pdf>>.
>. Acesso em: 24 set. 2022

ARQUITETURA HUMANA. **Serviço de Arquitetura - Estudo de Viabilidade Econômica para fins de Habitação de Interesse Social para a Cooperativa de Trabalho e Habitação Dois de Junho**. Porto Alegre, 2018.

BARRA, Cecília P.; RODRIGUES, João P.; FITZGERALD, Robert W. **Avaliação do risco de incêndio dum edifício de triagem de resíduos sólidos urbanos. Comparação entre a aplicação do método de Gretener e o FRAME**. Territorium, Coimbra, n. 21, p.147-156, maio. 2014.

CBMRS. **RT CBMRS nº 05 Parte 07**. Disponível em:
<<http://www.cbm.rs.gov.br/upload/arquivos/201706/01145642-rtcbmrs-n-05-parte-07-2016-existent-versao-corrigida.pdf>> Acesso em: 24 set. 2022

CRUZEIRO. **Montgomery atuou no incêndio do edifício Joelma**. 2013. Disponível em:
<<https://www2.jornalcruzeiro.com.br/materia/451532/montgomery-atuou-no-incendio-do-edificio-joelma/>>. Acesso em: 10 set. 2022

CUNHA, D. V. da F. e. **Análise do Risco de Incêndio de um Quarteirão do Centro Histórico da Cidade do Porto: Quarteirão 14052 - Aldas, Sé do Porto.** 2010. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2010.

COSTA, C. N. **Dimensionamento de elementos de concreto armado em situação de incêndio.** 2002. 224f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) –Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

COTE, A.E. **History of Fire Protection Engineering.** Fire Protection Engineering, EUA, 1 oct. 2008. Disponível em: <<http://magazine.sfpe.org/professional-practice/history-fire-protection-engineering>>. Acesso em: 23 set. 2022.

CUNHA, Diogo Vaz da Fonseca. **Análise de Risco de Incêndio de um Quarteirão do Centro Histórico da Cidade do Porto: Quarteirão 14052 – Aldas, Sé do Porto.** Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.

GILL, Alfonso Antonio; NEGRISOLO, Walter; OLIVEIRA, Sergio Agassi de. Aprendendo com os Grandes Incêndios. *In*: SEITO, Alexandre Itiu (coord.), *et al.* **A segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008.

GOOGLE. **Google Maps.** 2022. Disponível em: <www.google.com.br/maps>. Acesso em: 28 ago. 2022.

G1. **Incêndio e desabamento do prédio no Largo do Paissandu completam um ano.** 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/05/01/incendio-e-desabamento-do-predio-no-largo-do-paissandu-completa-um-ano-veja-o-que-se-sabe-sobre-o-caso.ghtml>> Acesso em: 10 set. 2022.

LIBERATO, Daniel Jose de Matos; SOUZA, Maria de Fátima de. **Levantamento dos itens relacionados à prevenção contra incêndio e pânico em edificações residenciais multifamiliares verticais em Natal.** HOLOS, [S.l.], v. 6, p. 484-501, dez. 2015. ISSN 1807-1600.

LOPES, G. A. de S. C. **Risco de Incêndio em um Edifício Complexo.** 2008. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2008.

LUCENA, Renata Batista. **Aplicação Comparativa de Métodos de Mapeamento de Riscos de Incêndio nos Centros Urbanos das Cidades de Coimbra e Porto Alegre.** Tese de Mestrado, PPGEC/UFRGS. 2014.

NITERÓI MAIS. **O incêndio do Gran Circus Norte-Americano, Niterói, 1961.** 2022. Disponível em: <<https://niteroimais.com.br/o-incendio-do-gran-circus-norte-americano-niteroi-1961/>> Acesso em: 10 set. 2022.

PIRES, Amanda Laura. **Avaliação de Risco de Incêndio: Método de Gretener Aplicado ao Centro de Tecnologia (UFSM).** Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia - Habilitação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

RODRIGUES, João Paulo. **Potencialidades e limitações do Método ARICA na avaliação do risco de incêndio em edifícios.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261536383_POTENCIALIDADES_E_LIMITACOES_DO_METODO_ARICA_NA_AVALIACAO_DO_RISCO_DE_INCENDIO_DE_EDIFICIOS> Acesso em: 10 set. 2022.

RODRIGUES, João Paulo. **Análise de risco de incêndio - FRAME.** Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

SEITO, A. I. et al. **A segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SMET, Erik de. **Fire Risk Assessment Method for Engineering (FRAME):** Manual para o usuário. Offerlaan 96, B 9000 GENT Belgium - 2008.

TAVARES, Rodrigo Machado; SILVA, Andreza Carla Procoro; DUARTE, Dayse. **Códigos prescritivos x códigos baseados no desempenho: qual é a melhor opção para o contexto do Brasil?** Curitiba: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002.

VENEZIA, Adriana Portella Prado Galhano. **Avaliação de Risco de Incêndio para Edificações Hospitalares de Grande Porte: Uma Proposta de Método Qualitativo para Análise de Projeto.** Tese de Doutorado, FAU/USP, São Paulo, 2011.

ZONA DE RISCO. **Lembrança: O incêndio de 1903 no teatro Iroquois, em Chicago.** 2016. Disponível em: <<https://zonaderisco.blogspot.com/2016/04/lebranca-o-incendio-de-1903-no-teatro.html>> Acesso em: 10 set. 2022.

Anexo 1 – Plantas baixas da edificação



PAVIMENTO TÉRREO
 ETAPA LEVANTAMENTO
 RESPONSÁVEL TÉCNICO

AH! ARQUITETURA HUMANA

ASSENTAMENTO 2 DE JUNHO

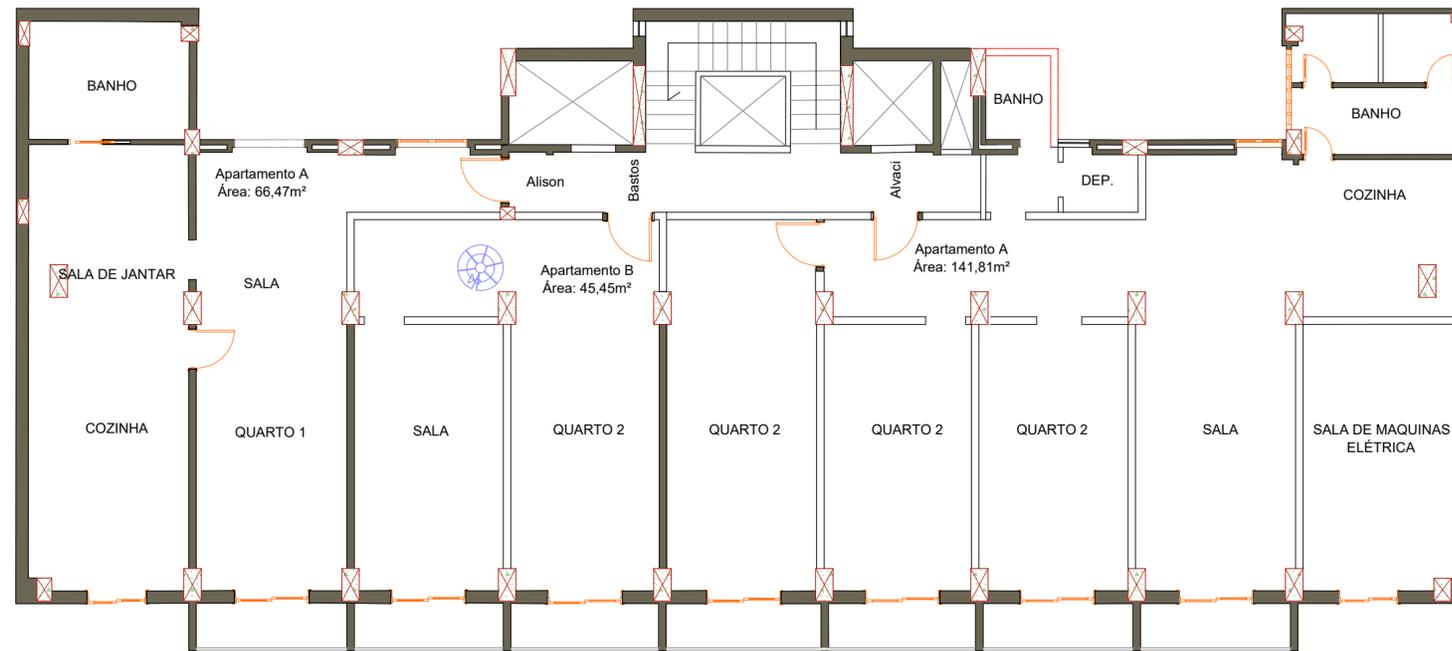
Av. Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre, RS

ESCALA 1:100

DATA 06/05/2019
 PROPRIETÁRIO

COOPERATIVA 2 DE JUNHO

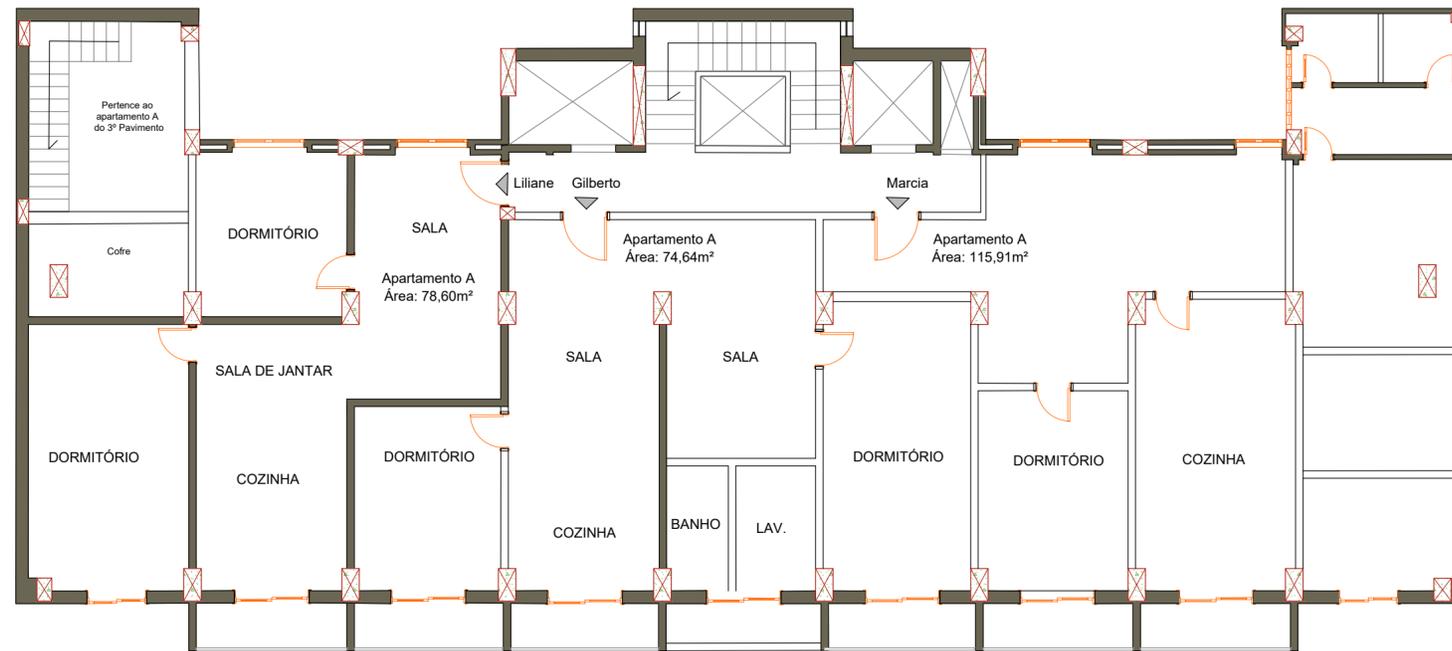
01



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

02 | 26

PRIMEIRO PAVIMENTO | Situação Existente Escala: 1|100 Data: 30|07|2019
Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
 Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
 Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6
 Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

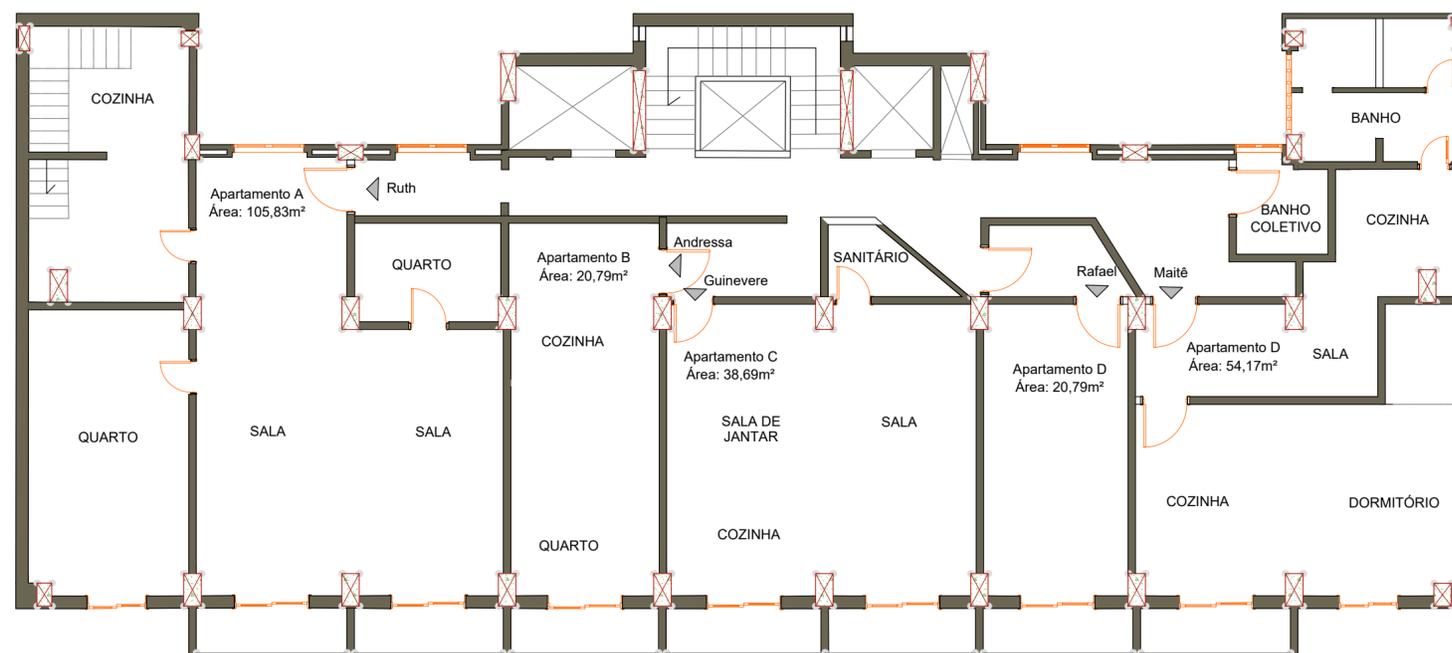
04 | 26

SEGUNDO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO

Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

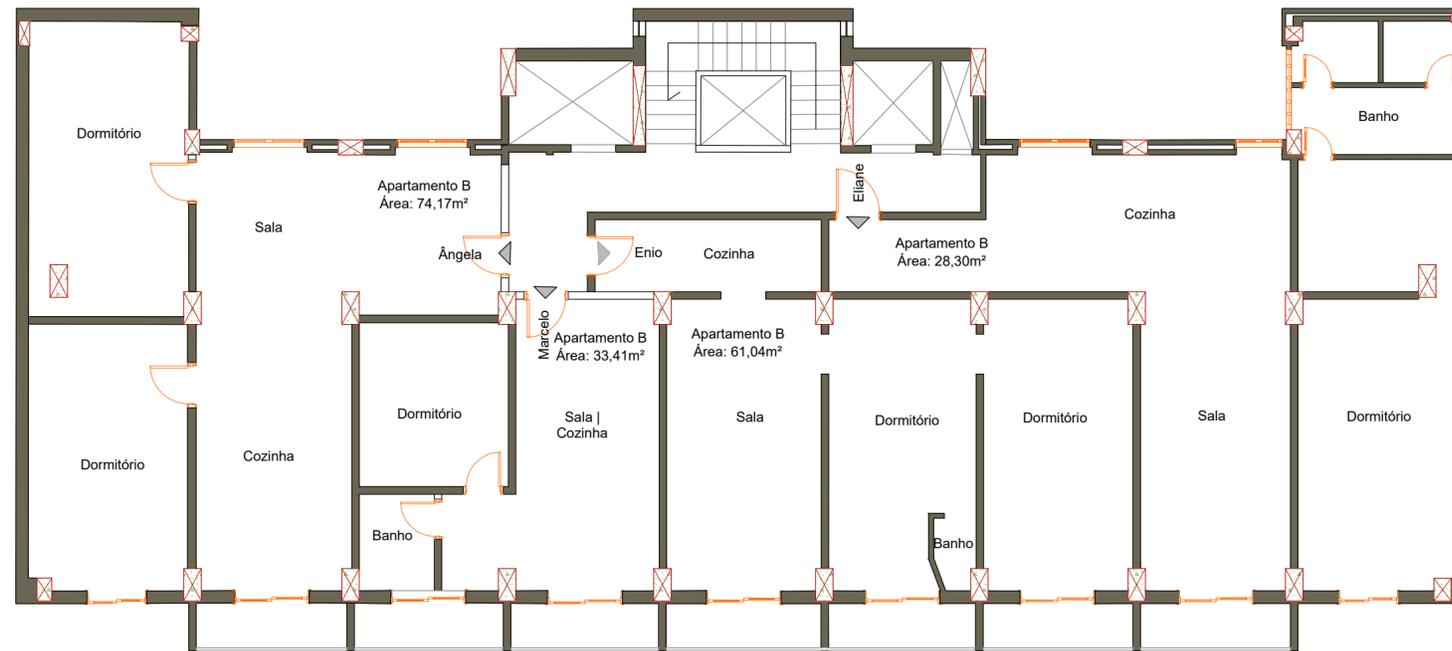
06 | 26

TERCEIRO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
 Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
 Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br

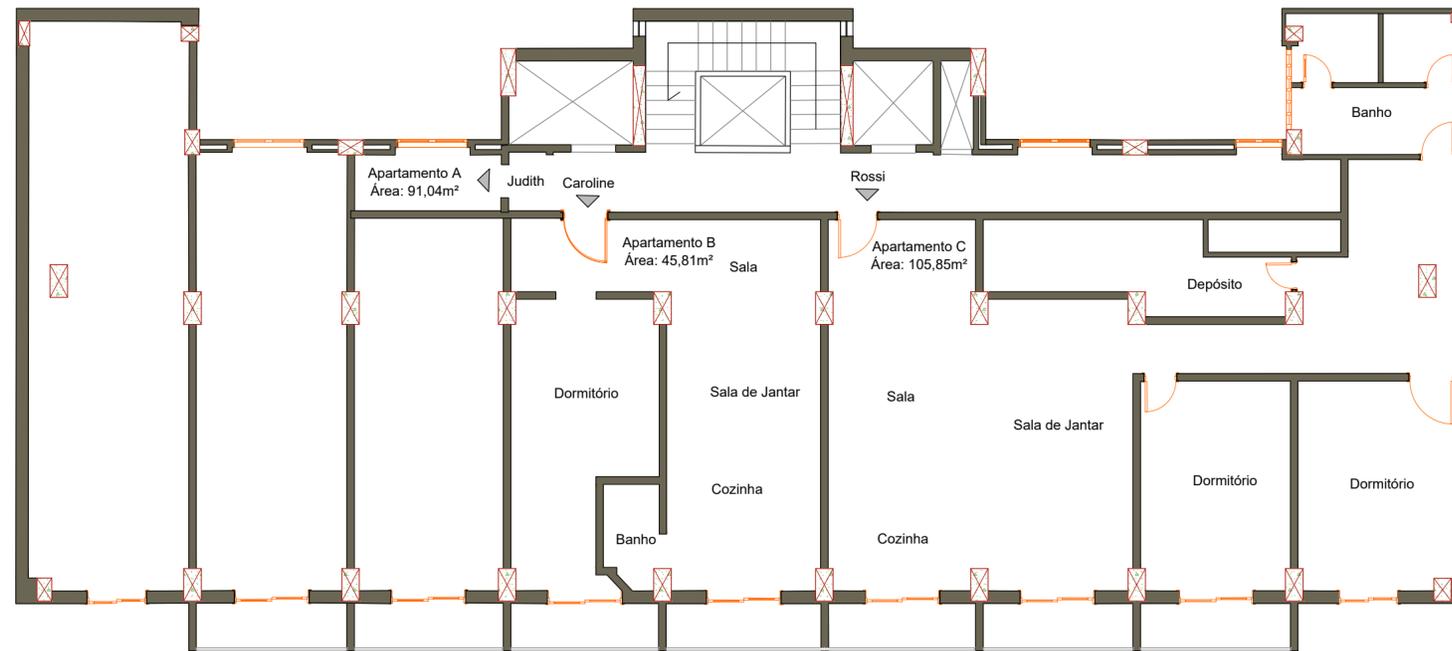


COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

08 | 26

QUARTO PAVIMENTO | Situação Existente Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
 Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
 Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6
 Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
 Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

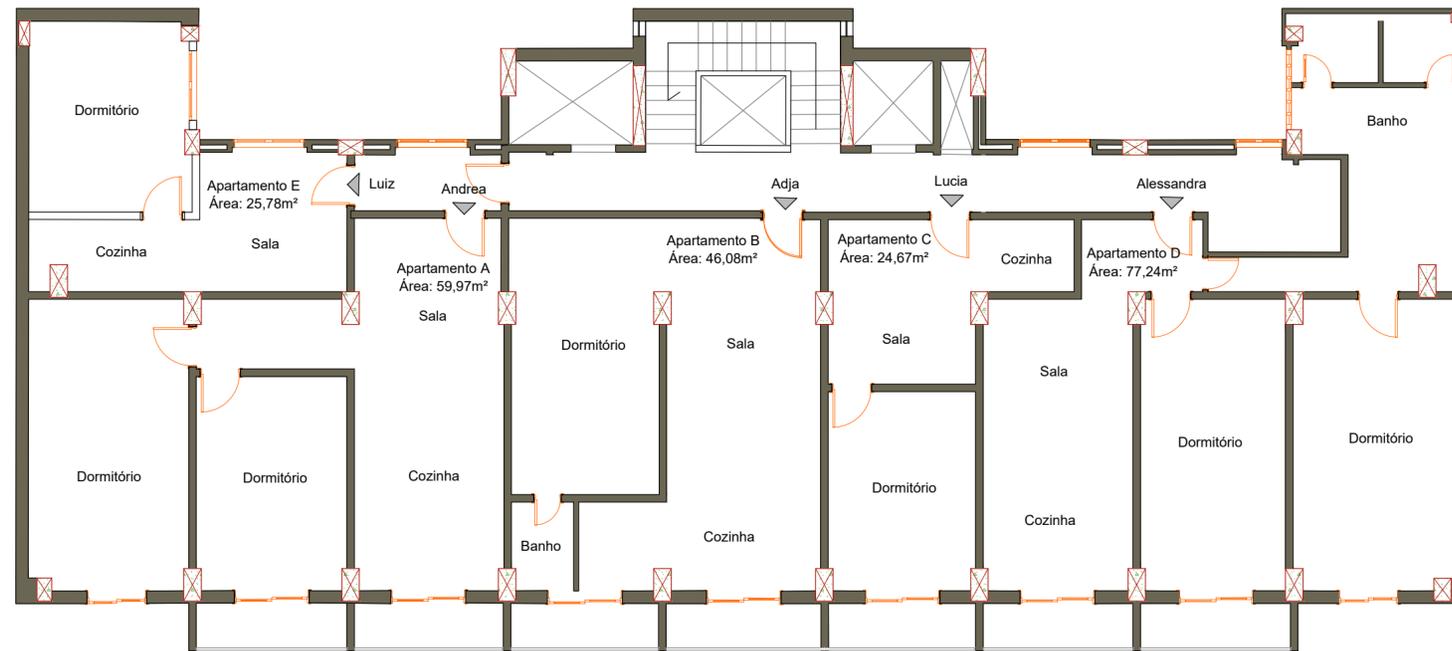
10 | 26

QUINTO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
 Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
 Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

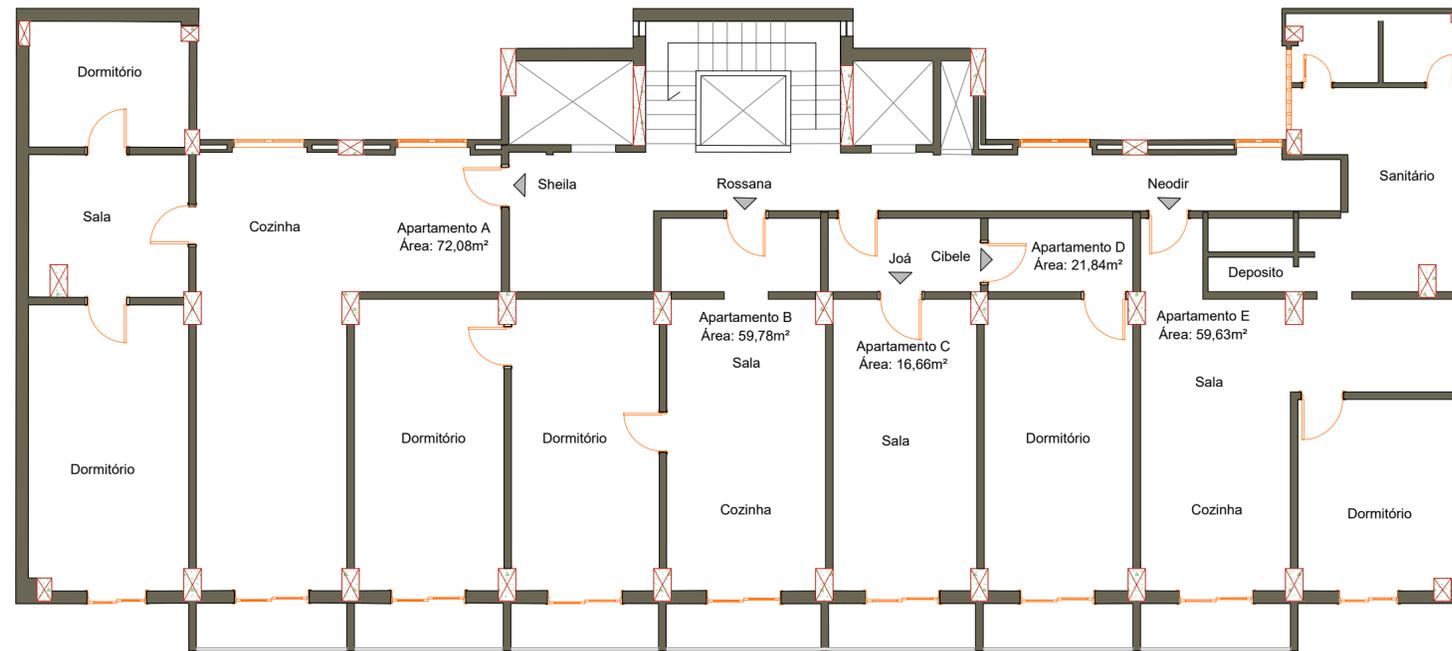
12 | 26

SEXTO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

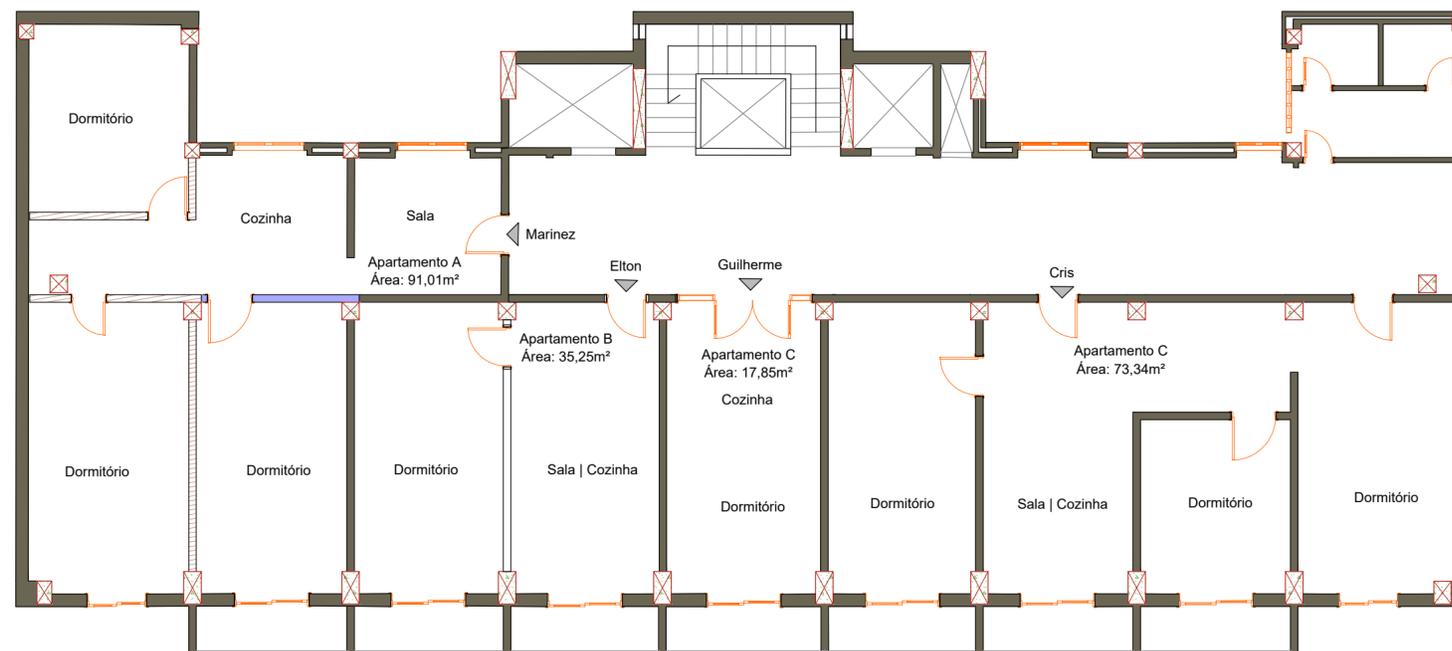
14 | 26

SETIMO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

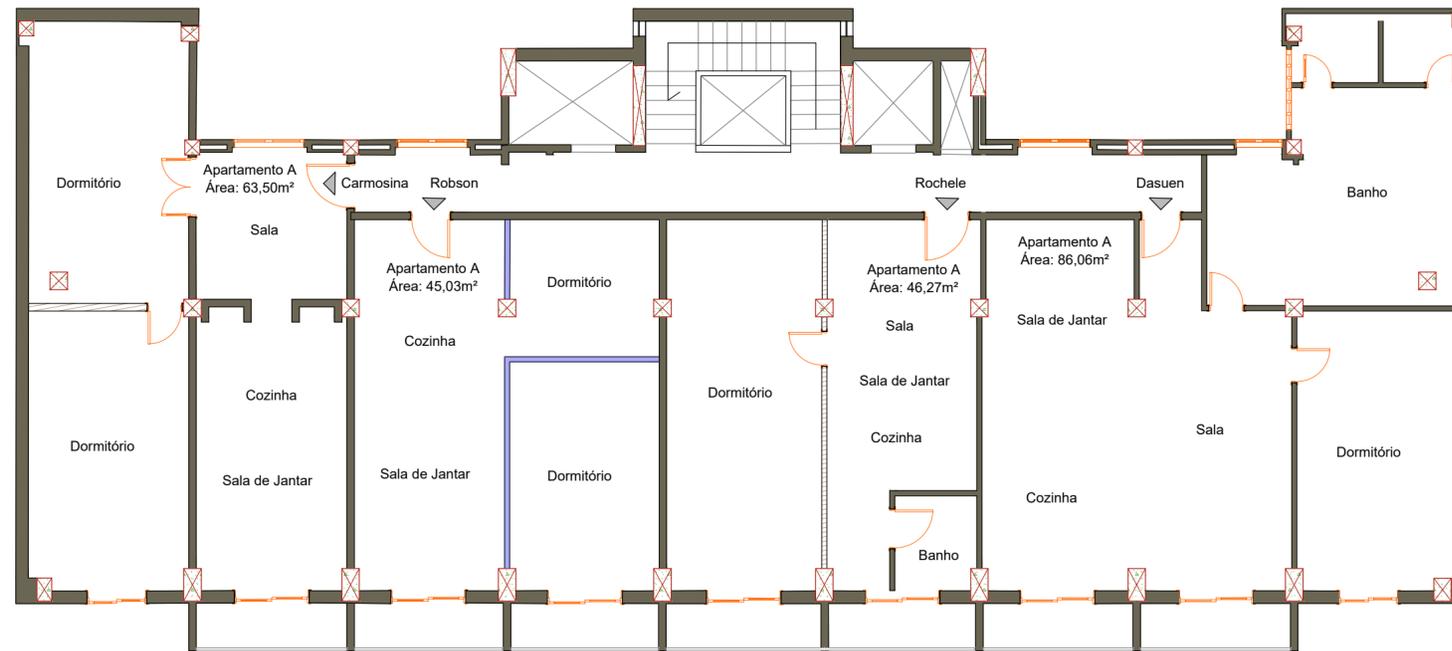
16 | 26

OITAVO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

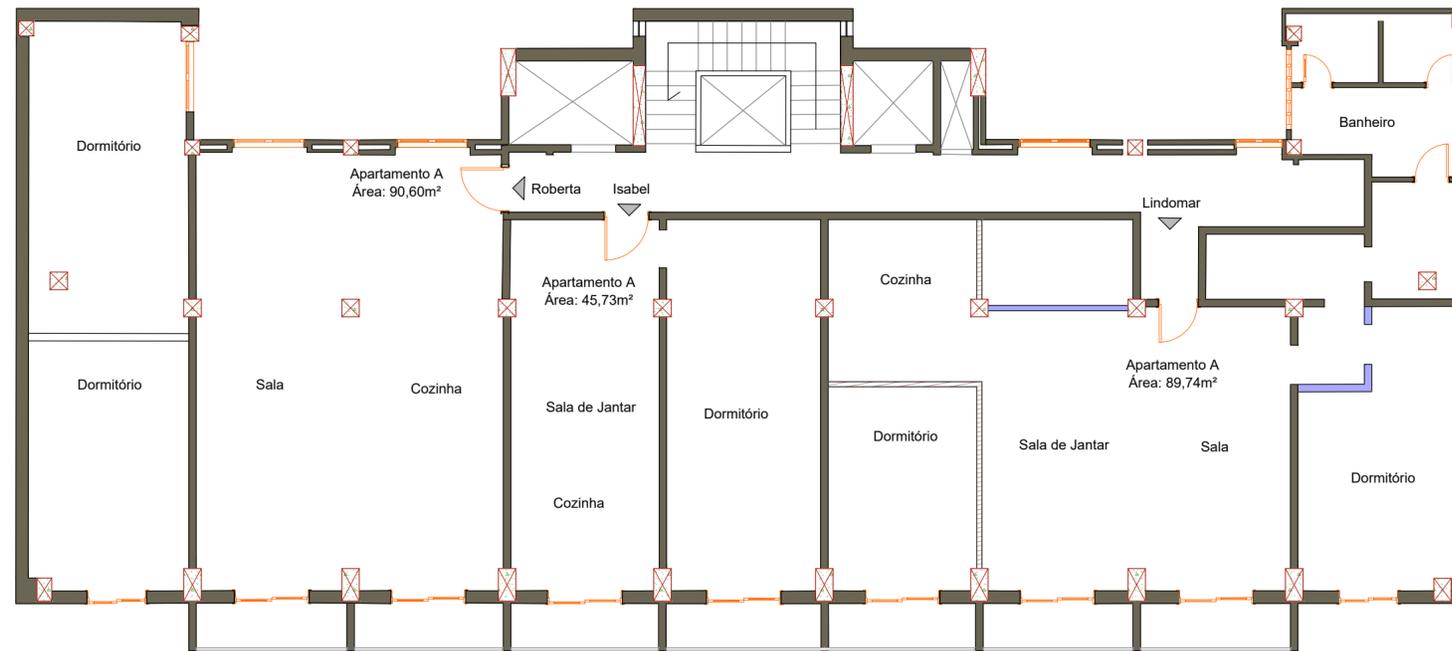
18 | 26

NONO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

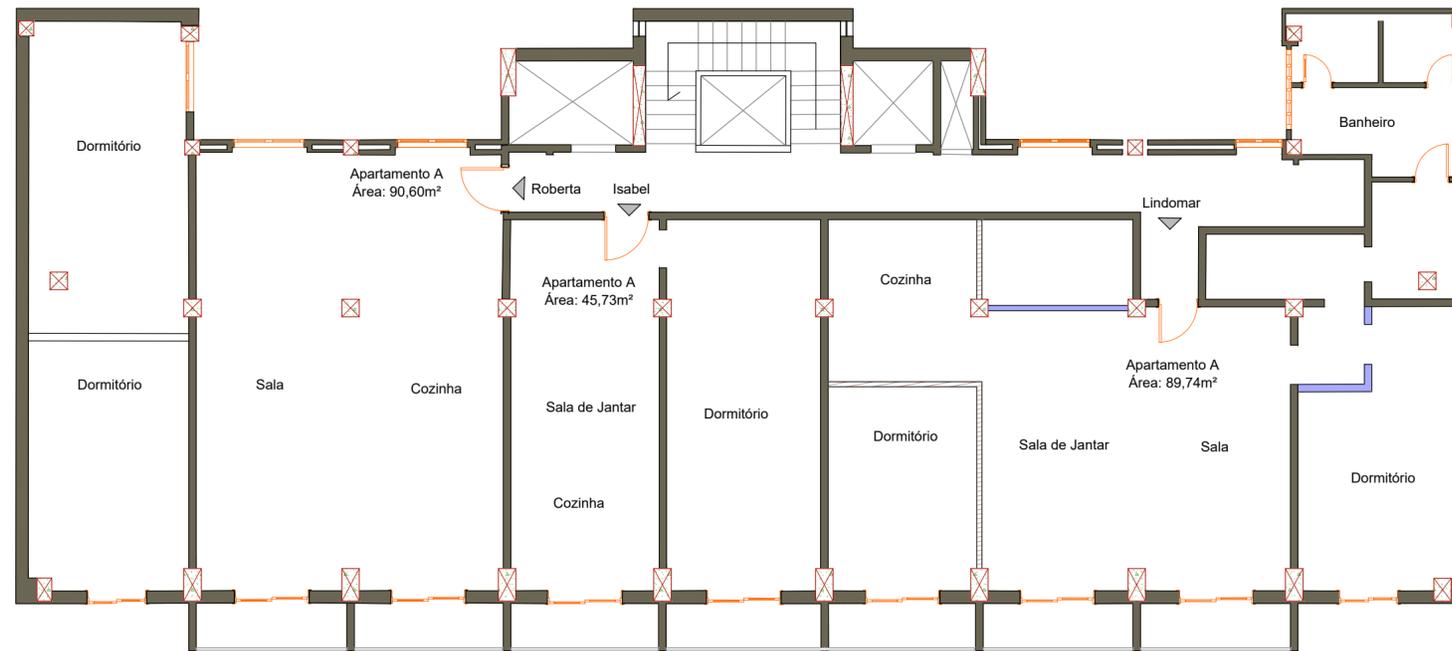
20 | 26

DECIMO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br



COOPERATIVA DOIS DE JUNHO
Avenida Borges de Medeiros, 900 | Porto Alegre

20 | 26

DECIMO PAVIMENTO | Situação Existente

Escala: 1|100 Data: 30|07|2019

Responsável Técnico: Arquiteta e Urbanista Karla Moroso | CAU A38857-2
Arquiteta e Urbanista Paola Maia | CAU A101872-8
Arquiteta e Urbanista Taiane Beduschi | CAU A98750-6

Ah! Arquitetura Humana | 51. 998492539 | 51. 993323235 | Rua Hoffman 447 - Floresta - Porto Alegre | contato@ah.arq.br

Anexo 2 – Tabela 6A Decreto 51.803



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
ASSEMBLEIA LEGISLATIVA
Gabinete de Consultoria Legislativa

TABELA 6A
EDIFICAÇÕES DO GRUPO A COM ÁREA SUPERIOR A 750 M²
OU ALTURA SUPERIOR A 12,00 M

| Grupo de ocupação e uso | GRUPO A – RESIDENCIAL | | | | | |
|--------------------------------------|---|-------|------------|----------------|----------------|----------------|
| | A-2, A-3 e Condomínios Residenciais | | | | | |
| Divisão | Classificação quanto à altura (em metros) | | | | | |
| Medidas de Segurança contra Incêndio | Térrea | H ≤ 6 | 6 < H ≤ 12 | 12 < H ≤ 23 | 23 < H ≤ 30 | Acima de 30 |
| Acesso de Viatura na Edificação | X | X | X | X | X | X |
| Segurança Estrutural contra Incêndio | | | | X | X | X |
| Compartimentação Vertical | - | - | - | X ² | X ² | X ² |
| Controle de Materiais de Acabamento | - | - | - | X | X | X |
| Saídas de Emergência | X | X | X | X | X | X ¹ |
| Brigada de Incêndio | X | X | X | X | X | X |
| Iluminação de Emergência | X | X | X | X | X | X |
| Alarme de Incêndio | | | | X ³ | X ³ | X |
| Sinalização de Emergência | X | X | X | X | X | X |
| Extintores | X | X | X | X | X | X |
| Hidrante | X | X | X | X | X | X |

NOTAS ESPECÍFICAS:

1 – Deve haver Elevador de Emergência para altura maior que 80 m;

2 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça somente nos átrios;

3 – Pode ser substituído pelo sistema de interfone, desde que cada apartamento possua um ramal ligado à central, que deve ficar numa portaria com vigilância humana 24 horas e tenha uma fonte autônoma, com duração mínima de 60 min.

NOTAS GERAIS:

a – O pavimento superior da unidade *duplex* do último piso da edificação não será computado para a altura da edificação;

b – As instalações elétricas e o SPDA devem estar em conformidade com as normas técnicas oficiais;

c – Para subsolos ocupados ver Tabela 7;

d – Observar ainda as exigências para os riscos específicos das respectivas Instruções Técnicas;

e – A exigência de brigada de incêndio, central de GLP e hidrante será somente para as edificações com altura superior a 12m.

f – para condomínios horizontais unifamiliares com “raio” superior a 300 metros da portaria exigido sistema de hidrante urbano. (observar impossibilidade de acesso de viatura de bombeiros até a edificação) e para habitação multifamiliar mangotinhos.

g – O acesso de viatura, para edificações com altura inferior a 12m, poderá ser substituído

**Anexo 3 – Tabela 1 – Resolução Técnica 05 Parte 7
CBMRS**

ANEXO C

TABELA 1

DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE MEDIDAS COMPENSATÓRIAS NAS EDIFICAÇÕES OU ÁREAS DE RISCO DE INCÊNDIO

| Medida de segurança contra incêndio com inviabilidade técnica | Medidas compensatórias |
|--|---|
| Acesso de Viatura na Edificação | a) Instalação de rede seca de hidrantes; b) Instalação de sistema de hidrantes ou mangotinhos; c) Abertura de acessos em diversos pontos do lote ou da edificação para a entrada dos bombeiros com seu equipamento; d) Enclausuramento das escadas ou dos halls e controle dos materiais de acabamento e revestimento das rotas de fuga e de acesso às escadas de emergência para edificações maiores do que 12 metros de altura; e) Enclausuramento dos halls de acesso às escadas e controle de fumaça para edificações maiores do que 12 metros de altura. |
| Segurança Estrutural em Incêndio | a) aumento do número de saídas de emergência; b) controle dos materiais de revestimento dos principais elementos estruturais e de vedação, e nas rotas de fuga; c) Proteção dos principais elementos estruturais através do encapsulamento ou aplicação de produtos que aumentem o tempo de resistência ao fogo; d) Previsão de bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência. |
| Compartimentação Horizontal (áreas) | a) Instalação de sistema de chuveiros automáticos; b) Instalação de sistema de controle de fumaça; c) Instalação de cortinas pára-chamas automatizadas internamente e/ou nas fachadas, ou cortinas de água; d) Controle dos materiais de acabamento e revestimento em todas as áreas; e) Aplicação de produtos que aumentem o tempo de resistência ao fogo dos elementos que devem cumprir a função de compartimentação; f) Proteção dos elementos que devem cumprir a função de compartimentação por meio da implantação de barreiras ou encapsulamento com outros materiais ou revestimentos; g) Previsão de bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência. |
| Compartimentação Vertical | a) Instalação de sistema de chuveiros automáticos; b) Instalação de sistema de controle de fumaça; c) Instalação de cortinas pára-chamas automatizadas internamente e/ou nas fachadas; |

ANEXO C

| | |
|---|--|
| | <p>d) Controle dos materiais de acabamento e revestimento em todas as áreas;</p> <p>e) Aplicação de produtos que aumentem o tempo de resistência ao fogo dos elementos que devem cumprir a função de compartimentação;</p> <p>f) Proteção dos elementos que devem cumprir a função de compartimentação por meio da implantação de barreiras ou encapsulamento com outros materiais ou revestimentos;</p> <p>g) Previsão de bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência.</p> |
| Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento | <p>a) Aumento do número de saídas de emergência e/ou redução das distâncias máximas a percorrer;</p> <p>b) Redução da lotação máxima da edificação ou área de risco de incêndio;</p> <p>c) Instalação de sistema de chuveiros automáticos;</p> <p>d) Instalação de sistema de controle de fumaça;</p> <p>e) Previsão de bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência.</p> |
| Saídas de Emergência | <p>1. Larguras mínimas:</p> <p>a) Limitar a população em função das saídas de emergência;</p> <p>b) Instalação de saídas alternativas sinalizadas, para edificações com até 30 metros de altura, com acesso disponível para a utilização de viatura com escada mecânica;</p> <p>c) Nas escadas e rampas, o corrimão poderá ser instalado em apenas um dos lados;</p> <p>d) Construção de acessos, escadas ou rampas adicionais, internas ou externas, ou ainda, instalação de sistemas inovadores para abandono da edificação;</p> <p>e) Controle de materiais de acabamento e revestimento nas rotas de fuga;</p> <p>f) Instalação de sistema de detecção e alarme de incêndio;</p> <p>g) Instalação de portas resistentes ao fogo ou corta-fogo nos acessos às rotas de fuga e halls de acesso às escadas de emergência;</p> <p>h) Previsão de brigadistas de incêndio ou bombeiros civis com a função exclusiva de orientação e organização da saída de emergência, com ou sem a elaboração de plano de emergência e realização de simulados periódicos devidamente registrados;</p> <p>i) Instalação de sistema de chuveiros automáticos;</p> <p>j) Instalação de sistema de controle de fumaça.</p> <p>2. Distância máxima a percorrer:</p> <p>a) Enclausuramento das escadas de emergência, podendo ser utilizados materiais e sistemas construtivos inovadores;</p> |

ANEXO C

| | |
|------------------------------------|--|
| | <p>b) Instalação de saídas alternativas sinalizadas, para edificações com até 30 metros de altura, com acesso disponível para a utilização de viatura com escada mecânica;</p> <p>c) Construção de acessos, escadas ou rampas adicionais, internas ou externas, ou ainda, instalação de sistemas inovadores para abandono da edificação;</p> <p>d) Controle dos materiais de acabamento e revestimento nas rotas de fuga e halls de acesso às escadas de emergência;</p> <p>e) Instalação de sistema de detecção e alarme de incêndio;</p> <p>f) Instalação de portas resistentes ao fogo ou corta-fogo nos acessos às rotas de fuga e halls de acesso às escadas de emergência;</p> <p>g) Previsão de brigadistas de incêndio ou bombeiros civis com a função exclusiva de orientação e organização da saída de emergência, com ou sem a elaboração de plano de emergência e realização de simulados periódicos devidamente registrados;</p> <p>h) Instalação de sistema de chuveiros automáticos;</p> <p>i) Instalação de sistema de controle de fumaça;</p> <p>j) Previsão de áreas de refúgio atendidas por saídas de emergência.</p> <p>3. Afastamento de 10 metros entre as portas de acesso às escadas e rampas (exceto para as Divisões F-6, F-11 e F-12)</p> <p>a) Limitar a população em função das saídas de emergência;</p> <p>b) Instalação de saídas alternativas sinalizadas, para edificações com até 30 metros de altura, com acesso disponível para a utilização de viatura com escada mecânica;</p> <p>c) Controle de materiais de acabamento e revestimento nas rotas de fuga;</p> <p>d) Instalação de portas resistentes ao fogo ou corta-fogo nos acessos às rotas de fuga e halls de acesso às escadas de emergência;</p> <p>e) Previsão de áreas de refúgio atendidas por saídas de emergência;</p> <p>f) Previsão de brigadistas de incêndio ou bombeiros civis com a função exclusiva de orientação e organização da saída de emergência, com ou sem a elaboração de plano de emergência e realização de simulados periódicos devidamente registrados;</p> <p>g) Instalação de sistema de chuveiros automáticos;</p> <p>h) Instalação de sistema de controle de fumaça.</p> |
| <p>Detecção de Incêndio</p> | <p>a) Aumento do número de saídas de emergência;</p> <p>b) Controle dos materiais de acabamento e revestimento nas rotas de fuga com a instalação de portas resistentes ao fogo ou corta-fogo nos acessos às rotas de fuga e halls de acesso às escadas de emergência;</p> <p>c) Previsão de bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência, com a elaboração de plano de emergência e realização de simulados periódicos devidamente registrados.</p> |

ANEXO C

| | |
|--------------------------------|---|
| Alarme de Incêndio | <p>a) Aumento do número de saídas de emergência;</p> <p>b) Controle dos materiais de acabamento e revestimento nas rotas de fuga com a instalação de portas resistentes ao fogo ou corta-fogo nos acessos às rotas de fuga e halls de acesso às escadas de emergência;</p> <p>c) Previsão de bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência, com a elaboração de plano de emergência e realização de simulados periódicos devidamente registrados.</p> |
| Hidrantes e Mangotinhos | <p>a) Instalação de rede seca com hidrante de coluna à frente do acesso principal das edificações com até 12 metros de altura;</p> <p>b) Instalação de rede seca de hidrantes com registros instalados no interior da edificação;</p> <p>c) Instalação adicional de extintores de incêndio portáteis e/ou sobre rodas.</p> |
| Chuveiros Automáticos | <p>a) Compartimentação de áreas, podendo ser utilizados materiais, equipamentos ou sistemas inovadores;</p> <p>b) Controle dos materiais de acabamento e de revestimento em todas as áreas;</p> <p>c) Instalação de sistema de controle de fumaça, com detecção e alarme de incêndio;</p> <p>d) Instalação de sistema de detecção e alarme, adicionalmente prevendo bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência, com a elaboração de plano de emergência e realização de simulados periódicos devidamente registrados, bem como devendo existir sistema de hidrantes instalados;</p> <p>e) Instalação adicional de extintores de incêndio portáteis e/ou sobre rodas, prevendo ainda bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência, com plano de emergência;</p> <p>f) Instalação de rede seca de chuveiros automáticos do tipo "dilúvio" em áreas de depósito ou com alta carga de incêndio concentrada.</p> |
| Controle de Fumaça | <p>a) Controle de materiais de acabamento e revestimento nas rotas de fuga;</p> <p>b) Enclausuramento das escadas de emergência, podendo ser utilizados materiais e sistemas construtivos inovadores;</p> <p>c) Instalação de portas resistentes ao fogo ou corta-fogo nos acessos às rotas de fuga e halls de acesso às escadas de emergência;</p> <p>d) Instalação de sistema de detecção e alarme de incêndio;</p> <p>e) Previsão de bombeiros civis com a função exclusiva para combate ao incêndio e orientação para saída de emergência, com a elaboração de plano de emergência e realização de simulados periódicos devidamente registrados.</p> |

Apêndice A – Cenário existente

| EXISTENTE | | | |
|--|---|------------------------------------|-------------|
| | Descrição | Edifício e seu conteúdo | Ocupantes |
| | RISCO POTENCIAL | Fator carga de incêndio (q) | 1,30 |
| Qm [MJ/m²] | | 500,00 | 500,00 |
| Qi [MJ/m²] | | 100,00 | 100,00 |
| Fator de propagação (i) | | 0,93 | 1,00 |
| T [°C] | | 175,00 | 100,00 |
| m | | 0,30 | 0,30 |
| M | | 0,50 | 0,50 |
| Fator de área (g) | | 0,47 | 0,47 |
| b [m] | | 10,38 | 10,38 |
| l [m] | | 28,62 | 28,62 |
| Fator de altura do edifício (e) | | 1,77 | 1,77 |
| E | | 11,00 | 11,00 |
| Fator de ventilação (v) | | 0,94 | 0,94 |
| Qm [MJ/m²] | | 500,00 | 500,00 |
| k | | 0,02 | 0,02 |
| h [m] | | 2,80 | 2,80 |
| Fator de acessibilidade (z) | | 1,11 | 1,11 |
| Z | | 1,00 | 1,00 |
| H [m] | | 37,50 | 37,50 |
| b [m] | | 10,38 | 10,38 |
| Risco Potencial (P) | 1,03 | 2,39 | |
| RISCO ACEITÁVEL | Fator de ativação (a) | 0,20 | 0,20 |
| | ∑ai | 0,20 | 0,20 |
| | Fator tempo de evacuação (t) | 0,09 | 0,09 |
| | Noc | 14,00 | 14,00 |
| | Noc/nup | 7,00 | 7,00 |
| | p | 1,10 | 1,10 |
| | k | 1,00 | 1,00 |
| | l [m] | 28,62 | 28,62 |
| | b [m] | 10,38 | 10,38 |
| | H+ | 37,50 | 37,50 |
| | Fator do conteúdo (c) | 0,00 | - |
| | c1 | 0,00 | - |
| | c2 | 0,00 | - |
| | Fator de propagação (r) | - | 0,25 |
| | Qi [MJ/m²] | - | 100,00 |
| | M | - | 0,50 |
| | Risco Aceitável (A) | 1,31 | 1,06 |
| NÍVEL DE PROTEÇÃO | Fator de abastecimento de água (W) | 0,32 | - |
| | ∑wi | 22,00 | - |
| | Fator de proteção normal (N) | 0,49 | 0,49 |
| | ∑ni | 14,00 | 14,00 |
| | Fator de proteção especial (S) | 1,48 | - |
| | ∑si | 8,00 | - |
| | Fator de reação ao fogo (F) | 1,52 | - |
| | fs | 60,00 | - |
| | ff | 60,00 | - |
| | fd | 60,00 | - |
| | fw | 30,00 | - |
| | f | 56,25 | - |
| | Fator de evacuação (U) | - | 1,80 |
| | ∑ui | - | 12,00 |
| | Nível de Proteção (D) | 0,35 | 0,88 |
| Risco de Incêndio | 2,23 | 2,58 | |

Apêndice B – Cenário PrPCI sem inviabilidades técnicas

| PrPCI SEM INVIABILIDADES TÉCNICAS | | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------|-------------|
| RISCO POTENCIAL | Descrição | Edifício e seu conteúdo | Ocupantes |
| | Fator carga de incêndio (q) | 1,30 | 1,30 |
| | Qm [MJ/m ²] | 500,00 | 500,00 |
| | Qi [MJ/m ²] | 100,00 | 100,00 |
| | Fator de propagação (i) | 0,93 | 1,00 |
| | T [°C] | 175,00 | 100,00 |
| | m | 0,30 | 0,30 |
| | M | 0,50 | 0,50 |
| | Fator de área (g) | 0,47 | 0,47 |
| | b [m] | 10,38 | 10,38 |
| | l [m] | 28,62 | 28,62 |
| | Fator de altura do edifício (e) | 1,77 | 1,77 |
| | E | 11,00 | 11,00 |
| | Fator de ventilação (v) | 0,94 | 0,94 |
| | Qm [MJ/m ²] | 500,00 | 500,00 |
| | k | 0,02 | 0,02 |
| | h [m] | 2,80 | 2,80 |
| | Fator de acessibilidade (z) | 1,11 | 1,11 |
| | Z | 1,00 | 1,00 |
| | H [m] | 37,50 | 37,50 |
| b [m] | 10,38 | 10,38 | |
| Risco Potencial (P) | 1,03 | 2,39 | |
| RISCO ACEITÁVEL | Fator de ativação (a) | 0,20 | 0,20 |
| | $\sum a_i$ | 0,20 | 0,20 |
| | Fator tempo de evacuação (t) | 0,05 | 0,05 |
| | Noc | 14,00 | 14,00 |
| | Noc/nup | 7,00 | 7,00 |
| | p | 1,10 | 1,10 |
| | k | 2,00 | 2,00 |
| | l [m] | 28,62 | 28,62 |
| | b [m] | 10,38 | 10,38 |
| | H+ | 37,50 | 37,50 |
| | Fator do conteúdo (c) | 0,00 | - |
| | c1 | 0,00 | - |
| | c2 | 0,00 | - |
| | Fator de propagação (r) | - | 0,25 |
| | Qi [MJ/m ²] | - | 100,00 |
| | M | - | 0,50 |
| | Risco Aceitável (A) | 1,35 | 1,10 |
| NÍVEL DE PROTEÇÃO | Fator de abastecimento de água (W) | 0,74 | - |
| | $\sum w_i$ | 6,00 | - |
| | Fator de proteção normal (N) | 0,74 | 0,60 |
| | $\sum n_i$ | 6,00 | 10,00 |
| | Fator de proteção especial (S) | 2,65 | - |
| | $\sum s_i$ | 20,00 | - |
| | Fator de reação ao fogo (F) | 1,48 | - |
| | fs | 60,00 | - |
| | ff | 60,00 | - |
| | fd | 60,00 | - |
| | fw | 30,00 | - |
| | f | 56,25 | - |
| | Fator de evacuação (U) | - | 3,39 |
| | $\sum u_i$ | - | 25,00 |
| | Nível de Proteção (D) | 2,12 | 2,03 |
| Risco de incêndio | 0,36 | 1,07 | |

Apêndice C – Cenário com medidas compensatórias

| PrPCI MEDIDAS COMPENSATÓRIAS | | | |
|--|---|------------------------------------|-------------|
| | Descrição | Edifício e seu conteúdo | Ocupantes |
| | RISCO POTENCIAL | Fator carga de incêndio (q) | 1,30 |
| Qm [MJ/m ²] | | 500,00 | 500,00 |
| Qi [MJ/m ²] | | 100,00 | 100,00 |
| Fator de propagação (i) | | 0,93 | 1,00 |
| T [°C] | | 175,00 | 100,00 |
| m | | 0,30 | 0,30 |
| M | | 0,50 | 0,50 |
| Fator de área (g) | | 0,47 | 0,47 |
| b [m] | | 10,38 | 10,38 |
| l [m] | | 28,62 | 28,62 |
| Fator de altura do edifício (e) | | 1,77 | 1,77 |
| E | | 11,00 | 11,00 |
| Fator de ventilação (v) | | 0,94 | 0,94 |
| Qm [MJ/m ²] | | 500,00 | 500,00 |
| k | | 0,02 | 0,02 |
| h [m] | | 2,80 | 2,80 |
| Fator de acessibilidade (z) | | 1,11 | 1,11 |
| Z | | 1,00 | 1,00 |
| H [m] | | 37,50 | 37,50 |
| b [m] | | 10,38 | 10,38 |
| Risco Potencial (P) | 1,03 | 2,39 | |
| RISCO ACEITÁVEL | Fator de ativação (a) | 0,20 | 0,20 |
| | ∑ai | 0,20 | 0,20 |
| | Fator tempo de evacuação (t) | 0,05 | 0,05 |
| | Noc | 12,00 | 12,00 |
| | Noc/nup | 5,74 | 5,74 |
| | p | 1,10 | 1,10 |
| | k | 2,00 | 2,00 |
| | l [m] | 28,62 | 28,62 |
| | b [m] | 10,38 | 10,38 |
| | H+ | 37,50 | 37,50 |
| | Fator do conteúdo (c) | 0,00 | - |
| | c1 | 0,00 | - |
| | c2 | 0,00 | - |
| | Fator de propagação (r) | - | 0,25 |
| | Qi [MJ/m ²] | - | 100,00 |
| | M | - | 0,50 |
| | Risco Aceitável (A) | 1,35 | 1,10 |
| NÍVEL DE PROTEÇÃO | Fator de abastecimento de água (W) | 0,74 | - |
| | ∑wi | 6,00 | - |
| | Fator de proteção normal (N) | 0,81 | 0,60 |
| | ∑ni | 4,00 | 10,00 |
| | Fator de proteção especial (S) | 2,65 | - |
| | ∑si | 20,00 | - |
| | Fator de reação ao fogo (F) | 1,51 | - |
| | fs | 60,00 | - |
| | ff | 60,00 | - |
| | fd | 60,00 | - |
| | fw | 60,00 | - |
| | f | 60,00 | - |
| | Fator de evacuação (U) | - | 2,93 |
| | ∑ui | - | 22,00 |
| | Nível de Proteção (D) | 2,39 | 1,75 |
| Risco de incêndio | 0,32 | 1,24 | |