

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Jailson Osni Godinho

**Mitigação dos riscos decorrentes do uso de recipiente de gás liquefeito de
petróleo no interior do apartamento**

Florianópolis

2021

Jailson Osni Godinho

Mitigação dos riscos decorrentes do uso de recipiente de gás liquefeito de petróleo no interior do apartamento

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: EneDir Ghisi, PhD.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Godinho, Jailson Osni

Mitigação dos riscos decorrentes do uso de recipiente de gás liquefeito de petróleo no interior do apartamento / Jailson Osni Godinho ; orientador, EneDir Ghisi, 2021. 75 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Incêndio. 3. Explosão. 4. Gás liquefeito de petróleo (GLP). 5. Apartamento. I. Ghisi, EneDir . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Jailson Osni Godinho

**Mitigação dos riscos decorrentes do uso de recipiente de gás liquefeito de
petróleo no interior do apartamento**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de
ENGENHEIRO CIVIL

Florianópolis, 04 de maio de 2021.

Banca Examinadora:

Prof. EneDir Ghisi, PhD.
Orientador
UFSC

Prof^a Liseane Padilha Thives, Dr^a
Avaliadora
UFSC

Eng. Lucas Niehuns Antunes, M.Eng.
Avaliador
Doutorando do PPGEC/UFSC

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

Ao professor PhD. EneDir Ghisi, pela orientação, paciência e persistência. Seu conhecimento e dedicação, me proporcionaram ensinamentos que levarei por toda vida.

Aos meus pais Osni João Godinho “in memoriam” e Clarinda Apolônia Godinho, que por meio de muita dedicação e carinho, me tornaram cidadão. Meu eterno reconhecimento e gratidão.

À minha esposa Edite Magda Silveira Godinho, por todo seu amor e cuidado, com quem estou casado desde 06 de fevereiro de 1999, a maior parte da minha vida foi ao lado dela.

Aos meus filhos Eduardo Silveira Godinho e Eduarda Silveira Godinho, que muito me orgulham.

RESUMO

Incêndios onde o recipiente de gás liquefeito de petróleo (GLP) está instalado no interior da cozinha resultam em danos materiais mais severos se comparados aos incêndios em que o botijão de GLP está na área externa da edificação. Apesar das recomendações do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), observa-se que nem sempre é possível instalar o botijão em área externa à edificação. Em decorrência da carência de norma editada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas que restrinja ou regule a instalação do recipiente P-13 (botijão de 13 kg) no interior do apartamento, este estudo busca identificar as consequências da presença do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento sinistrado por incêndio, a fim de mitigar possíveis riscos relacionados à utilização do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento. Neste trabalho realizaram-se análises dos dados de investigações de incêndios, periciados pelo CBMSC, em edificações classificadas como residenciais privativas multifamiliares. Identificaram-se os riscos associados à instalação do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento, destacando-se: o aumento das possibilidades de vazamentos do GLP; e em caso de incêndio, com a fusão do dispositivo de segurança do recipiente de GLP, o combustível liberado alimenta as chamas e amplia a destruição da edificação. A solução técnica encontrada para mitigar os riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento é construir um abrigo com Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) de duas horas, estanque em relação ao apartamento e com ventilação exclusivamente para o exterior. Esta solução somente deve ser adotada caso não seja possível executar uma central de gás externa à edificação que atenda às normas técnicas. Por fim, projetou-se o abrigo para um botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento, bem como foram relacionados os materiais necessários para sua execução.

Palavras-chave: Incêndio. Explosão. Gás liquefeito de petróleo (GLP). Abrigo. Apartamento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismo de ignição do combustível sólido	18
Figura 2. Mecanismo de ignição do combustível líquido	19
Figura 3. Mecanismo de ignição do combustível gasoso	19
Figura 4. Perfil vertical de temperatura dentro do container.....	21
Figura 5. Representação da evolução de temperaturas associada aos diferentes parâmetros de um incêndio real confinado	24
Figura 6. Temperatura aferidas na haste de termopares colocada no centro do compartimento.....	26
Figura 7. Edificações residenciais privativas multifamiliares, sinistradas por incêndio, que faziam uso do GLP independente do tipo do recipiente ou do local de instalação.	45
Figura 8. Local de instalação do GLP nos apartamentos periciados pelo CBMSC após o incêndio, descartando-se as frequências não se aplica e campo não preenchido.	46
Figura 9. Danos registrados pelo CBMSC durante as perícias de incêndio em apartamentos relacionados ao local de instalação do recipiente de GLP	50
Figura 10. Intensidade da queima acumulada registradas pelo CBMSC durante as perícias de incêndio em apartamentos relacionados ao local de instalação do recipiente de GLP representados por segmentos de retas	51
Figura 11. Imagens de uma explosão provocada por GLP	52
Figura 12. Dimensões do abrigo de GLP	56
Figura 13. Dimensões do caixilho e da portinhola corta fogo do abrigo de GLP	57
Figura 14. Detalhes da locação do abrigo para o botijão de 13 kg de GLP ventilação permanente e respectivas cotas.....	58
Figura 15. Detalhe da ventilação permanente.....	59
Figura 16. Detalhe da grade de superfície para guarnecer a ventilação permanente	60
Figura 17. Detalhes construtivos da parede do abrigo para o botijão de 13 kg de GLP	61
Figura 18. Fechamento superior do abrigo com laje em concreto armado e detalhes para instalação da rede de GLP.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Poder calorífico do GLP em relação a outros combustíveis	17
Tabela 2. Mistura explosiva de alguns combustíveis	20
Tabela 3. Temperatura e sua consequência	22
Tabela 4. Tempo requerido de resistência ao fogo para paredes de alvenaria.....	34
Tabela 5. Resistência ao fogo para paredes de alvenaria	35
Tabela 6. Resistência ao fogo para paredes de gesso acartonado.....	36
Tabela 7. Existência de GLP na edificação	44
Tabela 8. Local de instalação do GLP.....	45
Tabela 9. Relação do GLP com o surgimento do incêndio	47
Tabela 10. Combustão do GLP após início do incêndio.....	47
Tabela 11. Relação entre o GLP e a propagação do incêndio	48
Tabela 12. Intensidade de queima nos casos em que o cilindro de GLP estava instalado dentro da edificação privativa multifamiliar	49
Tabela 13. Intensidade de queima nos casos em que o cilindro de GLP estava instalado do lado externo da edificação privativa multifamiliar	49

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBPMESP	Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
CBMSC	Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IN	Instruções Normativas
IT	Instrução Técnica
LSE	Limite Superior de Explosividade
LIE	Limite Inferior de Explosividade
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NEPCI	Normas e Especificações de Prevenção Contra Incêndios
RF	Resistente ao Fogo
TRRF	Tempo Requerido de Resistência ao Fogo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. Introdução	11
1.1. Justificativa.....	11
1.2. Objetivos	13
1.2.1. Objetivo Geral.....	13
1.2.2. Objetivos Específicos.....	13
1.3. Estrutura do Trabalho.....	13
2. Revisão bibliográfica	15
2.1. Gás Liquefeito de Petróleo	15
2.2. O fogo	18
2.3. Incêndio.....	20
2.4. Segurança contra incêndio.....	26
2.4.1. Obrigatoriedade do cumprimento das Normas Técnicas	27
2.4.2. Legislação catarinense sobre segurança contra incêndio	28
2.5. Consequência da instalação do recipiente de GLP no interior da residência em caso de incêndio	29
2.6. Resistência ao fogo de sistema de vedação vertical.....	31
2.6.1. Resistência ao fogo de parede maciça de concreto	31
2.6.2. Paredes resistentes ao fogo reconhecidas pelos corpos de bombeiros	33
2.7. Considerações finais	37
3. Método	39
3.1. Considerações iniciais.....	39
3.2. Coleta de dados	39
3.3. Estudo estatístico qualitativo.....	41
3.4. Riscos associados à instalação de recipientes de GLP no interior do apartamento.....	42
3.5. Mitigação dos riscos.....	42
4. Resultados	43
4.1. Análise dos dados de investigações de incêndio em edificações residenciais privativas multifamiliares.....	43
4.2. Identificação dos riscos relacionados ao GLP.....	51
4.2.1. Identificação dos riscos potenciais do GLP, comuns a instalação	

dentro do apartamento ou em central externa.....	51
4.2.2. Riscos identificados exclusivamente pela instalação do P-13 no apartamento	53
4.3. Mitigação dos riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento.....	54
4.3.1. Proposta de um abrigo para botijão de 13 kg para mitigar os riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento ..	55
4.3.2. Detalhamento e materiais propostos para construção do abrigo de GLP	57
4.3.3. Relação de materiais	62
5. Conclusão	64
5.1. Considerações finais	64
5.2. Limitações	64
5.3. Sugestões para trabalhos futuros	65
Referências	67
Anexo A – Proposta de fornecimento de porta corta fogo e acessórios	71
Anexo B – Catálogo CKC tiras intumescentes para portas.....	74

1. Introdução

1.1. Justificativa

É fato que as pessoas têm necessidade de utilizar aparelho de queima para cocção dos alimentos e preparar bebidas quentes. O gás liquefeito de petróleo (GLP) é o combustível mais utilizado nos lares brasileiros (FERRARINI; MORANO; BARRICHELLO, 2017).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece, por meio da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 13523:2019 (ABNT, 2019), instruções para projeto, montagem, localização e segurança das centrais de GLP para diversas instalações, entre elas as residenciais. Essa norma indica expressamente que não se aplica às instalações que utilizam recipientes com capacidade para 32 L ou 13 kg de GLP, diretamente acoplados, com regulador e mangueira, ao aparelho de utilização. Consultando o acervo da ABNT constata-se a inexistência de norma que restrinja ou regule a instalação do recipiente de 13 kg de GLP no interior do apartamento (ABNT, 2019).

A Lei nº 16.157, de sete de novembro de 2013, publicada no Diário Oficial do Estado de Santa Catarina em onze de novembro de 2013, estabeleceu as normas e os requisitos mínimos para a prevenção e segurança contra incêndio e pânico em Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2013). O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina (CBMSC), complementarmente, elabora normas de segurança contra incêndio, denominadas Instruções Normativas (IN), atribuição conferida pela citada Lei.

A concessão de alvará de construção, de habite-se ou de funcionamento pelos Municípios, está condicionada à implantação dos sistemas e das medidas de segurança contra incêndio e pânico. Este trabalho deve ser realizado por profissional legalmente habilitado e com registro no respectivo Conselho Regional de Classe, observando-se as leis em vigor e as normas expedidas pelo CBMSC, conforme determina a Lei nº 16.157 (SANTA CATARINA, 2013).

Apesar da exigência da central de gás em área externa à edificação ter iniciado na década de setenta, nem todos os imóveis foram submetidos à fiscalização

do CBMSC. Entre os motivos estão o fato de que a grande maioria dos municípios de Santa Catarina, à época, não possuíam os serviços do CBMSC, e a falta de penalidade pelo descumprimento das normas de segurança contra incêndio. O grande diferencial da Lei nº 16.157 (SANTA CATARINA, 2013), em relação às leis anteriores, foi a concessão do poder de polícia administrativo ao CBMSC. A partir de onze de novembro de 2013 o CBMSC passou a aplicar multas, realizar embargos de obras e interditar imóveis.

A Lei nº 16.157 de 2013 (SANTA CATARINA, 2013), que estabeleceu as normas de segurança contra incêndio, classifica as edificações como nova, recente ou existente. Esta classificação é fundamental na definição da Instrução Normativa que será aplicada à edificação. Para edificações novas, recentes e existentes adota-se a IN 01 (CBMSC, 2019), conforme artigo 6º da IN 01 Parte 1. Para edificações existentes, por definição legal, aquelas construídas antes de onze de novembro de 2013, aplica-se também o disposto na IN 05 (CBMSC, 2020), conforme parágrafo único do artigo 6º da IN 01 Parte 1.

Para edificações existentes, com ocupação residencial privativa multifamiliar, o CBMSC admite e aprova a instalação de gás combustível por meio de recipientes de 13 kg, instalados nas cozinhas dos apartamentos, consonante com o estabelecido na IN 05 (CBMSC, 2020).

A questão é que nos incêndios, periciados pelo CBMSC, em que o recipiente de GLP estava instalado no interior da edificação, os danos materiais e humanos foram mais severos, se comparados aos incêndios nas edificações cujo botijão de GLP estava na área externa, apontando a vulnerabilidade dessas edificações (SOUZA, 2019).

Este trabalho busca encontrar soluções técnicas para mitigar os riscos decorrentes da presença do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é realizar estudos para identificar as consequências da presença do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento sinistrado por incêndio, a fim de mitigar possíveis riscos relacionados à utilização do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento.

1.2.2. Objetivos Específicos

Pretende-se com este trabalho atender aos seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar os dados coletados pelo CBMSC durante as perícias nas edificações residenciais multifamiliares sinistradas por incêndio em Santa Catarina, no período entre 1º de janeiro de 2015 e 31 de dezembro de 2017, a fim de comparar os danos nas edificações com botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento com os imóveis que tinham o recipiente de GLP instalado no lado externo da edificação;
- b) Identificar os riscos associados à instalação de recipientes de GLP no interior do apartamento;
- c) Propor soluções técnicas para mitigar os riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento.

1.3. Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos. O capítulo inicial apresenta o tema a ser estudado, incluindo a justificativa para escolha do tema e os objetivos do trabalho.

No segundo capítulo, apresenta-se a revisão bibliográfica. Relata-se a descoberta do gás liquefeito de petróleo e suas utilidades e, aborda-se o início da comercialização do GLP no Brasil e o panorama atual do mercado domiciliar brasileiro.

Em seguida são expostas informações sobre as propriedades do GLP, suas qualidades e perigos decorrentes de vazamento, bem como dos perigos associados à instalação em ambientes sem ventilação permanente. Uma seção aborda as consequências da instalação do recipiente de GLP no interior de residência unifamiliar em caso de incêndio. Por fim, fazem-se as considerações finais referentes à revisão bibliográfica, indicando a direção tomada para o desenvolvimento do tema.

Após as considerações iniciais que embasam esta pesquisa, o terceiro capítulo apresenta o método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa sobre os incêndios em edificações classificadas como residencial privativa multifamiliar.

Os resultados são expostos no quarto capítulo, onde se elencam os riscos associados à instalação de recipientes de GLP no interior do apartamento, e se propõem soluções técnicas para mitigá-los.

O último capítulo expõe as conclusões obtidas e sugerem-se melhorias nas edificações objetos do estudo, bem como são apontadas as limitações deste trabalho e sugestões para estudos futuros.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Gás Liquefeito de Petróleo

Os primeiros relatos sobre a venda de gás combustível em vaso de pressão destinado a contê-lo data do início do século XIX, na cidade de Londres, Inglaterra (TELLES et al., 1990).

Na primeira década do século XX, Herman Blau de Augsburg criou, a partir do petróleo, o Blau gás, conhecido como gás liquefeito de petróleo (GLP) apesar de não ter a mesma formulação do GLP atualmente comercializado. O custo de produção do Blau gás foi um dos motivos que prejudicaram a sua comercialização (SANTOS, 2016).

O pioneiro na produção do GLP, com a ideia de condensar os gases antes descartados no processo de refino da gasolina, foi Arthur N. Kerr, diretor de produção da refinaria de petróleo Riverside Oil Co., em 1910. No ano seguinte foi solicitada a patente do método de destilação para obtenção do GLP, contendo informações dos elementos químicos do GLP e seu uso, sendo destacada a sua utilização na iluminação, cocção de alimentos, combustível e anestésico. A viabilidade econômica e as qualidades do GLP fizeram o mercado expandir e se consolidar (SANTOS, 2016).

No século passado, até meados da década de 30, a principal forma de cocção de alimentos no Brasil ocorria por meio dos fogões a lenha e fogareiros a querosene. Apenas as áreas centrais dos municípios do Rio de Janeiro e São Paulo dispunham de fogões a gás, alimentados pelo gás extraído do carvão mineral (gás de iluminação), o qual era distribuído pela rede pública de gás encanado (TELLES et al., 1990).

O início da utilização do GLP no Brasil está diretamente ligado ao acidente ocorrido no dia 6 de maio de 1937 com o dirigível Hindenburg da Zeppelin, que se incendiou nos Estados Unidos. O acidente fez a companhia alemã suspender as atividades de transporte de passageiros por meio dos dirigíveis em todo o mundo, os quais utilizavam como combustível o gás butano.

No Brasil aproximadamente seis mil cilindros de gás butano ficaram sem utilidade, os quais eram utilizados como combustível para os motores do dirigível Graf Zeppelin, com voos regulares entre Brasil e Europa (TELLES et al., 1990).

O gás butano já era utilizado em países da Europa, nos Estados Unidos e na Argentina como combustível em fogões e aquecedores. O empresário Ernesto Egel arrematou os seis mil cilindros da Zeppelin e iniciou em 1937 a comercialização do gás butano na cidade de Petrópolis, Rio de Janeiro, fundando a *Empresa Brasileira de Gaz a Domicílio Ltd.* O cilindro do gás butano foi comercializado para uso residencial acompanhado do fogão, como estratégia de venda o gás era chamado de Ultragaz (TELLES et al., 1990).

As qualidades do GLP levaram ao reconhecimento e utilização em todo território nacional. Atualmente o mercado domiciliar brasileiro é abastecido com embalagens retornáveis, em forma de botijão contendo 13 kg de gás (conhecido como P-13), responsável por atender a 94% das residências (FERRARINI; MORANO; BARRICHELLO, 2017).

O gás liquefeito de petróleo (GLP), conhecido popularmente por gás de cozinha, é um derivado do petróleo composto por hidrocarbonetos. O GLP é obtido na destilação do petróleo e por meio do craqueamento catalítico. Esse processo utiliza catalisadores e a temperatura é elevada para romper as cadeias moleculares criando os hidrocarbonetos (átomos de carbono e hidrogênio). O GLP ainda é obtido em menor escala durante o processamento do gás natural (DANTAS NETO; GURGEL, 2005).

O GLP é composto de hidrocarbonetos com três ou quatro átomos de carbono, denominado propano (C_3H_8) e butano (C_4H_{10}), respectivamente, ambos com ligações simples. Frequentemente, observa-se a ocorrência do propeno (C_3H_6) e buteno (C_4H_8), decorrentes de ligações duplas; a mistura destes hidrocarbonetos forma o GLP (SANTOS, 2016).

O poder calorífico do GLP é de 11.500 kcal/kg e sua densidade média em estado líquido é de 522 kg/m³. O propano possui menos peso e necessita de mais pressão para liquefazer se comparado ao butano, o ideal é uma mistura de 50% de propano e 50% de butano, porém dificilmente tem-se esta proporção. O GLP, gás inodoro, recebe a adição de um composto a base de enxofre conhecido como mercaptana. Esse aditivo confere ao GLP um odor característico, facilmente perceptível pelo olfato humano, de extrema importância para a segurança, pois evidencia vazamentos (LIQUIGÁS, 2016).

O GLP é uma excelente fonte de energia. Seu poder calorífico é o grande diferencial comparado com outros combustíveis, conforme se observa na Tabela 1. O GLP é fonte de energia limpa, livre de metais pesados, com inúmeras aplicações na indústria, comércio e residências. A queima completa desse combustível fóssil gera somente dióxido de carbono e água, não produz cinzas e fuligens, não polui, é atóxico e não corrosivo. A sua utilização traz poucos danos ao meio ambiente (FERRARINI; MORANO; BARRICHELLO, 2017).

Tabela 1. Poder calorífico do GLP em relação a outros combustíveis

Quantidade	Combustível	Poder calorífico (kcal)
1 kg	Gás Liquefeito de Petróleo	11.500
1 m ³	Gás natural	9.400
1 m ³	Gás de rua	4.200
1 kg	Óleo diesel	10.200
1 kg	Carvão	5.000
1 kg	Lenha	2.900
1 kWh	Energia elétrica	860

Fonte: SERV GÁS (2019).

O GLP é utilizado como combustível no processo químico da combustão fornecendo calor. Nos aparelhos técnicos de queima residenciais o oxigênio atua como comburente. A reação química de combustão consome o oxigênio reduzindo sua concentração no ambiente. Caso não tenha uma renovação constante do ar poderá ser letal à vida humana.

O GLP é altamente inflamável e em concentração ideal no ambiente pode provocar explosão. Uma pequena quantidade de gás tem elevado potencial destrutivo.

De acordo com a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) elaborada pela Petrobras Distribuidora S.A. (PETROBRAS, 2019), o GLP é classificado como gás extremamente inflamável contido em recipientes sob pressão.

Quanto à segurança contra incêndio a Petrobras (2019) orienta:

- a) Manter o recipiente de GLP afastado de calor, faíscas, chamas abertas e superfícies quentes;
- b) Em caso de vazamento de gás com chamas não se recomenda apagar o fogo caso não seja possível conter o vazamento;

- c) Evacuar imediatamente a área se o gás for lançado para um lugar confinado;
- d) Armazenar em local bem ventilado;
- e) Manter abrigado da luz solar.

As características físicas e químicas do GLP exigem que seja mantido dentro de um sistema rigorosamente fechado. O botijão pode explodir caso seja submetido a calor excessivo.

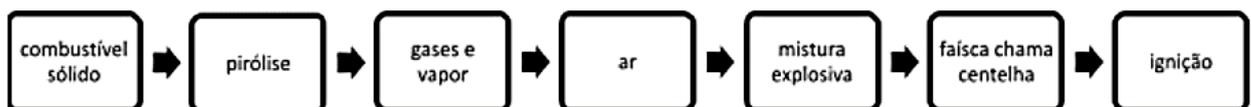
2.2. O fogo

Foi na pré-história que o homem aprendeu a dominar o fogo. Este feito possibilitou o desenvolvimento da humanidade, sendo possível a proteção ao frio, iluminar ambientes, cozer alimentos, gerar energia, entre outras utilidades. Porém, quando o fogo foge ao controle se tem o incêndio, o qual pode causar prejuízos materiais e humanos (BRENTANO, 2015).

Fogo é uma reação química de oxidação rápida exotérmica, geralmente acompanhada por chamas e ou fumaça. Para existência do fogo são necessários combustível, comburente e calor; e para que o fogo se mantenha a reação química deve ser autossustentável (SEITO et al., 2008).

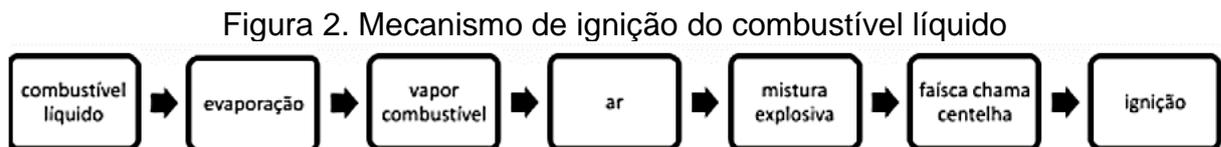
A combustão ocorre somente com o combustível na fase gasosa. Para que ocorra a combustão em combustível sólido, este deve ser decomposto termicamente, processo denominado pirólise. A formação de gases e vapor possibilita a formação da mistura inflamável, bastando uma faísca, chama ou centelha para iniciar a queima, conforme esquema apresentado na Figura 1. A combustão será mantida somente enquanto existir calor e ou radiação suficiente para manter a pirólise, possibilitando a formação da mistura inflamável.

Figura 1. Mecanismo de ignição do combustível sólido



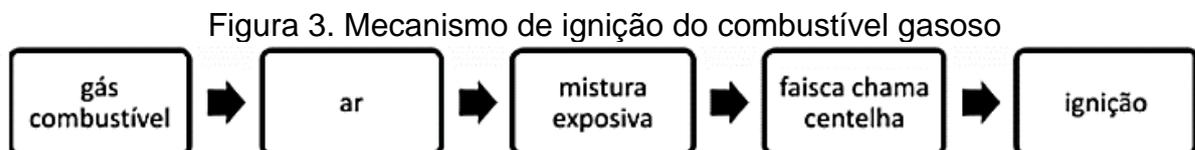
Fonte: Seito et al. (2008).

A queima dos combustíveis líquidos é possível só após se volatizarem. O vapor misturado ao oxigênio presente no ar gera a mistura inflamável, bastando uma fonte de energia de ativação para iniciar a combustão, conforme mostra a Figura 2. O processo de oxidação rápida será mantido caso o líquido mantenha a temperatura de combustão.



Fonte: Seito et al. (2008).

A Figura 3 resume o mecanismo de ignição dos combustíveis gasosos. Este gás no ambiente misturado ao ar, que normalmente possui 21% de oxigênio, forma a mistura explosiva, necessitando apenas da energia de ativação para iniciar a queima.



Fonte: Seito et al. (2008).

Para que ocorra a queima é necessária a existência da mistura explosiva, caracterizada pela mistura de combustível e comburente em determinada proporção em volume. O limite superior de explosividade (LSE) é a máxima proporção de combustível gasoso misturado com oxigênio do ar capaz de tornar a mistura inflamável. A mistura não queimará caso possua combustível acima deste limite. O limite inferior de explosividade (LIE) é a mínima proporção de combustível misturado com oxigênio do ar capaz de tornar a mistura inflamável. Abaixo do LIE a mistura é muito pobre para a combustão (SEITO et al., 2008).

Portanto, a proporção em volume do combustível na fase gasosa misturada ao ar poderá entrar em ignição dentro de uma faixa limitada pelo LIE e o LSE. Fora

destes limites a mistura não queimará. A Tabela 2 apresenta o LIE e o LSE para alguns combustíveis.

Tabela 2. Mistura explosiva de alguns combustíveis

Substância	LIE (% em volume)	LSE (% em volume)
Acetona – CH ₃ CO CH ₃	2,6	12,8
Benzeno – C ₆ H ₆	1,3	7,1
Butano – C ₄ H ₁₀	1,9	8,5
Etano – C ₂ H ₆	3,0	12,5
Gás natural	3,8	13
Gasolina	1,4	7,6
Metano – CH ₄	5,0	15,0
Propano – C ₃ H ₈	2,2	9,5

Fonte: Seito et al. (2008).

2.3. Incêndio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas por meio da NBR 13860:1997 define incêndio como sendo o fogo fora de controle (ABNT, 1997a).

No incêndio, assim como em qualquer outro fenômeno de transferência de calor na natureza, o calor é transferido de objetos com temperatura mais alta para aqueles com temperatura mais baixa, até que se atinja o equilíbrio energético. A transferência de calor ocorre basicamente por condução, convecção e radiação. Dependendo do material e ou estágio do incêndio um ou mais mecanismos de transferência de calor predominam, porém sabe-se que a condução, a convecção e a radiação contribuem em todos os incêndios (NEGRISOLO, 2011).

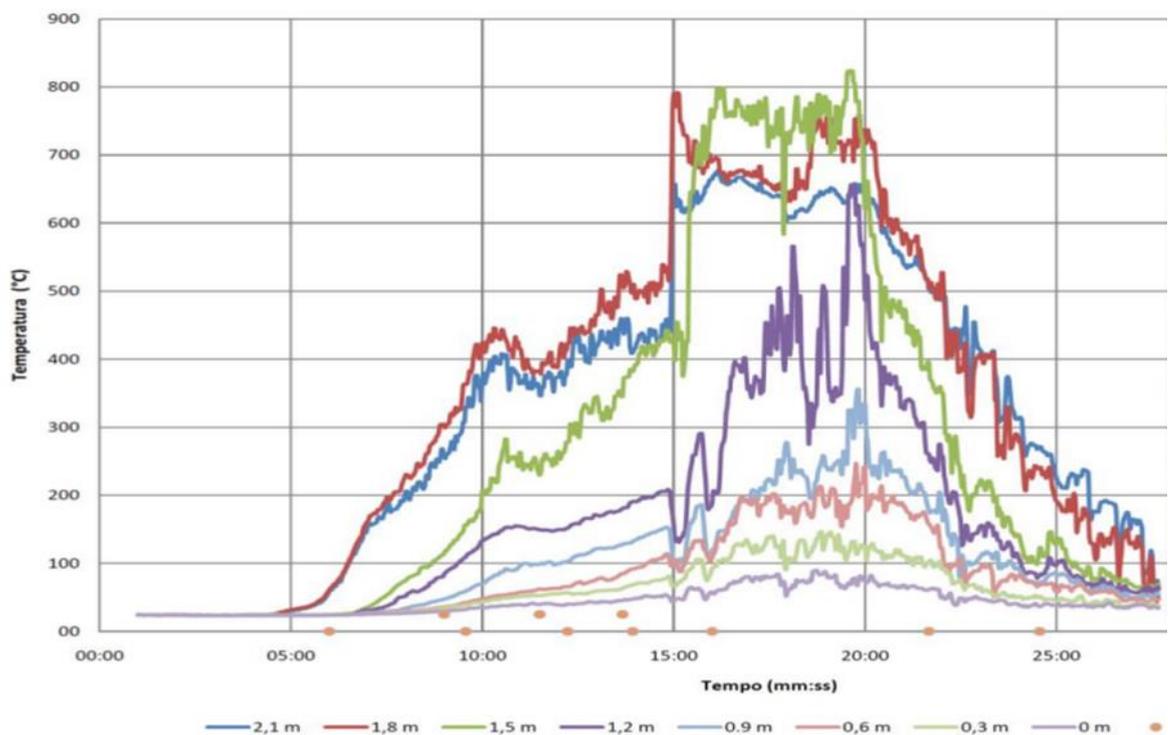
A condução é a transferência de calor por meio de um corpo sólido. As moléculas e átomos, ao vibrarem, transmitem energia térmica às suas vizinhas. Nos sólidos a condução determina a taxa de fluxo de calor (DRYSDALE, 1998).

A convecção é a transferência de calor que envolve movimento ascendente de energia no meio fluído. Ocorre em todas as fases do incêndio, sendo determinante na propagação no início do incêndio quando os níveis de radiação térmica são baixos (DRYSDALE, 1998).

A radiação é a transferência de calor por meio de ondas eletromagnéticas, das quais a luz visível é um exemplo mais conhecido. A transferência de energia independe do meio entre a fonte de calor e o receptor. A radiação pode ser absorvida, transmitida ou refletida por uma superfície (DRYSDALE, 1998). Este mecanismo de transferência de calor permite que objetos a certa distância de um incêndio sejam aquecidos e inflamados.

Braga, Lisboa Neto e Salazar (2016) simularam em um container as condições aproximadas de um incêndio real. Os pesquisadores traçaram o perfil vertical de temperatura no interior do container por meio de termopares instalados em uma haste e variando as cotas de níveis, conforme mostra a Figura 4. Observa-se que as temperaturas são mais baixas próximo ao piso do container.

Figura 4. Perfil vertical de temperatura dentro do container



No estudo se constatou que a diferença de temperatura chega a 550°C, caso seja comparada à medição do termopar instalado a 0,9 metro com outro instalado a 1,5 metros, ambos dispostos na mesma haste. A temperatura máxima medida

ultrapassou 800°C (BRAGA; LISBOA NETO; SALAZAR, 2016). A Tabela 3 mostra informações sobre temperaturas e suas respectivas consequências.

Tabela 3. Temperatura e sua consequência

Temperatura (°C)	Consequência
37	Temperatura normal do ser humano
43	Temperatura interna corporal humana que pode causar morte
44	Temperatura da pele humana quando começa a sentir dor
48	Temperatura da pele humana causando queimadura de 1º grau
54	Temperatura da água quente que pode causar queimadura em 30 segundos
55	Temperatura da pele humana com bolhas e queimadura de 2º grau
62	Temperatura quando o tecido humano torna-se entorpecido
72	Temperatura quando o tecido humano é imediatamente destruído
100	Temperatura quando a água ferve e torna-se vapor
250	Temperatura quanto o algodão em natura começa a carbonizar
≥400	Temperatura dos gases em um ambiente quando o incêndio começa a se generalizar
≈1000	Temperatura dentro de um ambiente quando da ocorrência da generalização do incêndio

Fonte: Braga, Lisboa Neto e Salazar (2016).

Na Europa, com objetivo de aprimorar os Eurocodes, pesquisadores monitoraram a dinâmica dos incêndios em ambientes preparados que simulavam edificações reais. Os ambientes contavam com revestimentos, mobiliários e condições de ventilações todos distintos (CORRÊA et al., 2017). Este estudo gerou a Figura 5 que apresenta a curva de temperatura e demonstra o processo de evolução do incêndio ao longo do tempo.

O incêndio confinado está relacionado geralmente a um fenômeno termoelétrico, como fonte de ignição, que inicia a combustão de um eletroeletrônico, um eletrodoméstico, uma móvel, uma cortina ou qualquer outro material combustível. Com o início do incêndio o processo de combustão é autossustentado gerando calor e outros produtos da combustão.

A Figura 5 apresenta diferentes parâmetros associados a um incêndio no interior de um compartimento no decorrer do tempo. Na fase de crescimento a

concentração de oxigênio disponível é superior à necessária para oxidar o combustível. O calor gerado pelo incêndio e consequente elevação da temperatura do ambiente é determinado pela quantidade de combustível existente na fase gasosa.

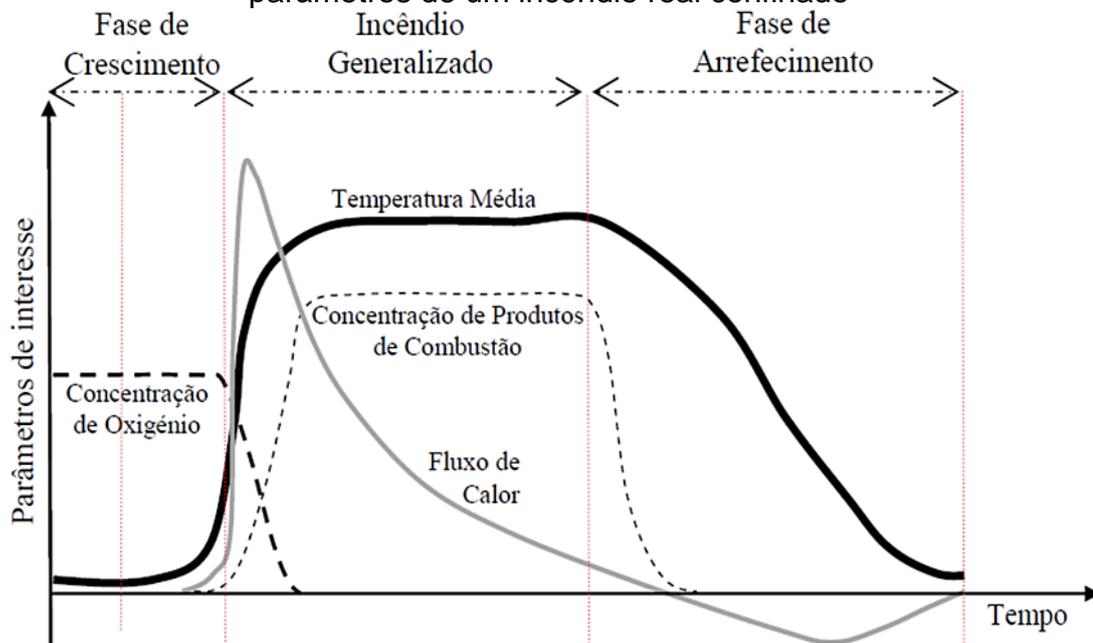
Observa-se que no início do incêndio a concentração de oxigênio e a temperatura média do ambiente não têm alterações significativas devido ao tamanho da chama. Neste período a concentração de produtos da combustão e o fluxo de calor são desprezíveis.

Com a evolução do incêndio os produtos da combustão se acumulam próximo ao teto formando uma camada de fumo. A concentração de oxigênio diminui, a temperatura média aumenta e a transferência de calor entre a camada de fumo e o incêndio tem um crescimento rápido. Com isto todos os materiais combustíveis do ambiente se incendiam de forma generalizada.

Na fase do incêndio generalizado há o consumo total do oxigênio do ambiente, a concentração de produtos da combustão e a temperatura média alcança o ápice e se mantém por um período.

A Figura 5 também representa o fluxo de calor entre o compartimento e seus elementos estruturais e de fechamento (estruturas, paredes e teto). O fluxo de calor, ou agilidade na transferência de calor, envolve fenômenos como radiação e convecção. O fluxo de calor aumenta rapidamente durante a generalização do incêndio e diminui à medida que a diferença de temperatura entre o compartimento e a alvenaria vai diminuindo.

Figura 5. Representação da evolução de temperaturas associada aos diferentes parâmetros de um incêndio real confinado



Fonte: Corrêa et al. (2017).

Com a extinção do incêndio inicia a fase de arrefecimento. A inércia térmica dos gases é baixa se comparada à inércia térmica da alvenaria, o que faz com que a temperatura média do compartimento reduza mais rápido do que a temperatura da alvenaria, com isso a alvenaria passa a irradiar calor para o ambiente e o fluxo de calor torna-se negativo.

No Brasil os experimentos de incêndio reais são raros. Os estudos normalmente utilizam fornos ou painéis radiantes para submeter elementos construtivos à temperatura semelhante à atingida durante um incêndio real (CORRÊA et al., 2017).

No Estado de Pernambuco ocorreu um destes raros estudos. Corrêa et al. (2017) realizaram um experimento de incêndio em um dormitório que contava com uma janela e uma porta. O cômodo foi construído em estrutura de concreto armado, vedação de tijolos cerâmicos e cobertura em laje pré-moldada, bem como foram instalados os mobiliários e objetos no dormitório. Os pesquisadores instalaram a instrumentação de medição para aferir o comportamento térmico no dormitório.

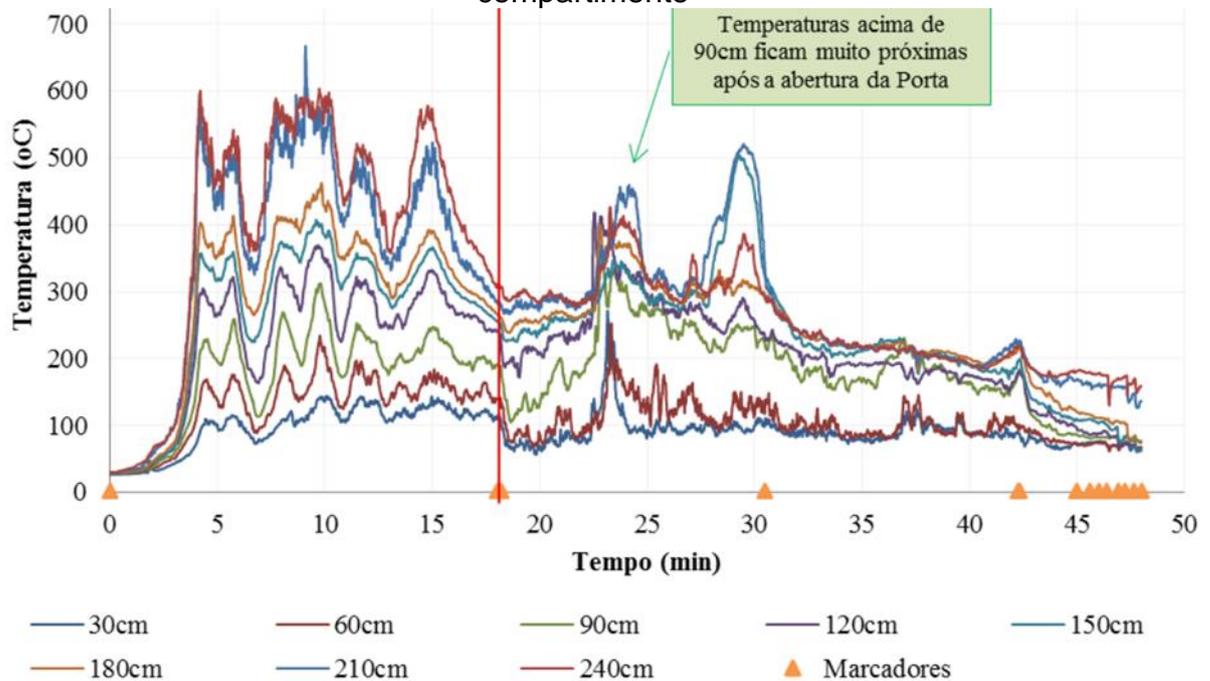
No centro do dormitório os termopares foram instalados em uma haste e dispostos a 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5; 1,8; 2,1 e 2,4 metros, com objetivo de aferir a

temperatura em vários níveis. Durante todo o ensaio a janela permaneceu aberta; quanto à porta, permaneceu fechada nos primeiros 18 minutos do ensaio, após este tempo a porta foi aberta e permaneceu até o fim do experimento favorecendo a ventilação cruzada. As temperaturas máximas atingidas ocorreram a 2,10 m de altura do piso, conforme se constata na Figura 6. A linha perpendicular à abscissa, no tempo de 18 minutos, marca o instante da abertura da porta do cômodo (CORRÊA et al., 2017).

No experimento foram monitoradas as temperaturas das paredes internas e externas do cômodo. Mantido o mesmo revestimento na face interna e externa de cada parede, estas receberam um dos seguintes tipos de revestimento: argamassa de cimento; argamassa de gesso; e chapisco cimentício. Os resultados do monitoramento das temperaturas internas das paredes acompanharam o aumento de temperatura no centro do cômodo. As temperaturas nas paredes externas não ultrapassaram 60°C, demonstrando o bom isolamento térmico das paredes (CORRÊA et al., 2017).

Corrêa et al. (2017) analisaram a parede revestida com chapisco cimentício e a parede revestida com argamassa de gesso. Ao compará-las constataram que o desempenho da parede revestida com argamassa de gesso é mais eficaz que a primeira. As temperaturas internas de ambas durante o experimento ultrapassaram 680°C. Externamente, a parede revestida com chapisco cimentício alcançou a temperatura máxima de 54,38°C, enquanto a parede revestida com argamassa de gesso teve temperatura máxima de 38,19°C.

Figura 6. Temperatura aferidas na haste de termopares colocada no centro do compartimento



Fonte: Corrêa et al. (2017).

Brentano (2015) relata que o risco de incêndio em edificações é influenciado pela concentração humana, verticalização dos imóveis, proximidade das edificações, utilização de materiais de fácil combustão e a diversidade de equipamentos. Constatase que a energia térmica transferida pela convecção provoca um gradiente de temperatura na vertical, apontando para temperaturas mais elevadas à medida que se afasta do piso. É necessário conhecer os mecanismos de transferência de calor para definir elementos construtivos adequados para compartimentar as ameaças e diminuir a vulnerabilidade da edificação.

2.4. Segurança contra incêndio

O incêndio com maior número de vítimas fatais no Brasil ocorreu em dezessete de dezembro de 1961, em Niterói, Rio de Janeiro, no Gran Circo Norte-Americano, resultando em 317 mortos (NEGRISOLO, 2011). O incêndio na boate Kiss em Santa Maria, Rio Grande do Sul, ocorrido em 27 de janeiro de 2013, resultou na

morte de 242 pessoas, foi o segundo maior em número de vítimas fatais no Brasil (ARBEX, 2018).

Nos grandes incêndios o clamor público impulsiona os governantes a agir. A resposta geralmente vem em forma de leis, que buscam corrigir as negligências dos responsáveis pelo projeto e construção, relacionadas à segurança contra incêndio.

Motivado pela tragédia de Santa Maria, o governo federal sancionou a Lei nº 13.425, de 30 de março de 2017 (BRASIL, 2017), conhecida como lei Kiss, que trata da prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público. Esta Lei estabelece que os cursos de graduação em Engenharia e Arquitetura em funcionamento no País, devem incluir nas disciplinas ministradas conteúdo relativo à prevenção e ao combate a incêndio e a desastres.

Apesar da compulsoriedade, a segurança contra incêndio não tem a devida atenção no meio acadêmico. As escolas de engenharia e arquitetura no Brasil abordam o tema de forma superficial. Esta realidade faz muitos engenheiros e arquitetos considerarem a segurança contra incêndio como apenas uma exigência do Corpo de Bombeiros e Prefeitura, negligenciando a importância do tema (ONO, 2007)

Em resposta à tragédia na boate Kiss, Santa Catarina aprovou a Lei nº 16.157 de sete de novembro de 2013 (SANTA CATARINA, 2013), que institui as normas e os requisitos mínimos para a prevenção e segurança contra incêndio e pânico em imóveis localizados no Estado, com os objetivos de resguardar a vida das pessoas e reduzir danos ao meio ambiente e ao patrimônio. Esta Lei concedeu o poder de polícia administrativa ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina para assegurar o adequado cumprimento das normas de prevenção e combate a incêndio. Com isto o CBMSC passou a aplicar sanções, entre elas os embargos, as interdições preventivas, as multas e as cassações de atestados.

2.4.1. Obrigatoriedade do cumprimento das Normas Técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) orienta que as normas são de uso voluntário, *site* da ABNT (<http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>) acessado em 7 de maio de 2019. Segundo a ABNT, seria possível fornecer um produto ou serviço em desacordo com a normalização nacional. Porém, o código de

defesa do consumidor, Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990 (BRASIL, 1990), em seu artigo 39, inciso VIII, estabelece a proibição de fornecer produtos e serviços que não atendam as normas expedidas por órgãos oficiais ou, na falta destas normas específicas, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Apesar de Santa Catarina possuir normas específicas que tratam da segurança contra incêndio, elas tratam de forma superficial os sistemas e medidas, sendo necessário recorrer às Normas Brasileiras para elaboração do projeto e execução da obra.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas estabelece, por meio da NBR 15575-1:2013 (ABNT, 2013), requisitos e critérios de desempenho para edificações habitacionais, entre eles os requisitos relativos à segurança contra fogo. Esta norma estabelece premissas básicas de segurança contra incêndio, sendo: proteger a vida; dificultar a propagação do incêndio; proporcionar meios de controle e extinção do incêndio; e possibilitar as operações de resgate e combate ao incêndio pelo Corpo de Bombeiros.

A NBR 15575-1:2013 (ABNT, 2013) orienta que no projeto e na construção da edificação deve-se adotar medidas para dificultar a ocorrência de incêndio. A referida norma cita expressamente a proteção contra risco de vazamentos nas instalações de gás, orientando para que as instalações de gás sejam projetadas e executadas de acordo com a NBR 13523:2019 (ABNT, 2019) e NBR 15526:2012 (ABNT, 2012a).

2.4.2. Legislação catarinense sobre segurança contra incêndio

O Estado de Santa Catarina foi pioneiro na adoção da central de gás com objetivo de reduzir a carga de incêndio no interior das edificações. A primeira norma de prevenção contra incêndio em Santa Catarina surgiu com a Lei nº 5.190 de 28 de novembro de 1975 (SANTA CATARINA, 1975), sendo regulamentada pelo Decreto nº 43 de 27 de janeiro de 1976. A norma previa apenas a proteção por extintores, o sistema hidráulico preventivo e de forma incipiente o sistema de gás liquefeito de petróleo. Em março de 1979 foi editada a segunda versão da norma, denominada Normas e Especificações de Prevenção Contra Incêndios (NEPCI), detalhando a instalação do GLP nas edificações. Nesta versão a central de gás foi idealizada como uma edificação destinada exclusivamente ao agrupamento de todos os botijões de

GLP, e possuir um afastamento mínimo da central em relação à projeção vertical da edificação principal, entre outras exigências (CARDOSO, 2014).

A Constituição do Estado de Santa Catarina de 1989 (SANTA CATARINA, 1989) confere competência ao Corpo de Bombeiros Militar sobre matérias relacionadas à segurança contra incêndio. Destacam-se do artigo 108 da Constituição do Estado de Santa Catarina as atribuições do CBMSC relacionadas à segurança contra incêndio, a saber:

- a) Estabelecer normas de segurança contra incêndio;
- b) Analisar projetos de segurança contra incêndio;
- c) Fiscalizar a execução dos projetos de segurança contra incêndio;
- d) Impor sanções administrativas.

Em Santa Catarina, além da Constituição do Estado, leis infraconstitucionais também regulam a segurança contra incêndio. A Lei nº 16.157, de sete de novembro de 2013 (SANTA CATARINA, 2013), publicada em Diário Oficial de Santa Catarina em onze de novembro de 2013, estabeleceu as normas e os requisitos mínimos à prevenção e segurança contra incêndio e pânico em Santa Catarina. Esta lei estabeleceu que o Corpo de Bombeiros Militar do Estado, complementarmente, elabora normas de segurança contra incêndio, denominadas Instruções Normativas.

2.5. Consequência da instalação do recipiente de GLP no interior da residência em caso de incêndio

Esta seção foi elaborada com base em recente artigo produzido no curso de pós-graduação em Perícia de Incêndio e Explosão de autoria de Maurício de Souza, 1º Tenente Bombeiro Militar. O autor compilou os dados de incêndio entre 2015 e 2017, e analisou a correlação entre a instalação do cilindro de GLP no interior da edificação e as consequências decorrentes do incêndio.

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina realiza perícia nos locais após ocorrência de incêndio. As informações coletadas alimentam o sistema informatizado, incluindo dados relacionados à presença e posição do cilindro de GLP na edificação.

O primeiro dado interessante é que dos 1.019 incêndios em residências que possuíam o GLP instalado (dentro ou fora da edificação), em 5,6% dos sinistros o GLP teve relação com o surgimento do incêndio. Constatou-se também que das 652 residências com o cilindro de GLP instalado no interior da edificação em apenas 5,4% o GLP teve relação com o início do incêndio. Com base nos dados pode-se inferir que a instalação do GLP dentro ou fora da residência é indiferente para o surgimento do incêndio (SOUZA, 2019).

Tratando-se da combustão do GLP após o início do sinistro e suas consequências, percebe-se que os cilindros instalados no interior do imóvel amplificam os prejuízos materiais e humanos. O estudo apontou que em 36,3% dos casos o GLP sofre queima posterior quando o cilindro é instalado no interior da edificação, contra 9,4% quando está fora dela (SOUZA, 2019).

Houve a constatação que a instalação do GLP no interior da residência potencializa a propagação do incêndio. O estudo indica que em 30,4% dos casos o GLP teve participação significativa na propagação do incêndio, contra 6,5% quando o recipiente está instalado do lado externo da edificação. O cilindro instalado dentro do imóvel fica exposto à irradiação térmica do incêndio. A elevação da temperatura aciona o dispositivo de proteção do recipiente que alivia a pressão com a liberação do GLP. Porém, o gás liberado alimenta o incêndio com mais combustível (SOUZA, 2019).

O número de vítimas fatais em decorrência de incêndio é influenciado pelo local de instalação do recipiente de GLP. Nas ocorrências em que o recipiente de GLP estava instalado no interior da edificação, houve 3,37 mortes por 100 ocorrências, contra 1,91 mortes por 100 ocorrências quando o cilindro estava fora da residência (SOUZA, 2019).

Por fim, analisada a intensidade de queima, constatou-se que 46% das edificações com o recipiente de GLP no interior da residência foram completamente destruídas, contra 24,1% para os casos em que o cilindro estava instalado no lado externo da edificação (SOUZA, 2019).

Os dados apresentados demonstram que o local de instalação do recipiente de GLP não influencia no início do incêndio. No entanto, após iniciado o incêndio o

recipiente de GLP instalado no interior da edificação amplifica prejuízos materiais e humanos.

2.6. Resistência ao fogo de sistema de vedação vertical

A resistência ao fogo é a propriedade do sistema em resistir à ação do incêndio, devendo garantir sua estabilidade, integridade, estanqueidade e isolamento. A estanqueidade é caracterizada pela propriedade de manter a continuidade do sistema, impedindo que as chamas ou gases aquecidos passem através da parede. O isolamento refere-se à propriedade de impedir que a temperatura da parede do lado oposto ao fogo ultrapasse a temperatura predefinida. Os elementos estruturais devem ainda garantir a segurança estrutural, mantendo a resistência mecânica durante o tempo de resistência ao fogo de projeto (SEITO et al., 2008).

2.6.1. Resistência ao fogo de parede maciça de concreto

Bolina et al. (2015) avaliaram a resistência ao fogo de paredes maciças de concreto armado. No estudo foram analisadas duas paredes, uma com espessura de 10 centímetros e outra com espessura de 14 centímetros. Em cada parede foram verificadas as características de estabilidade, isolamento térmico e estanqueidade. O concreto utilizado foi o de fck 25 MPa, sendo armado com barras de diâmetro nominal de 12,5 mm, espaçadas a cada 15 cm e mais uma tela, resultando 80 kg/m³ de taxa de armadura. As paredes foram moldadas com o mesmo traço e área superficial idêntica. O método de ensaio utilizado foi o prescrito pela NBR 10636:1989 (ABNT, 1989).

Verificaram que, quanto ao isolamento térmico da amostra, a temperatura máxima atingida na face não exposta ao fogo na parede com 10 cm de espessura foi de 117,2°C, enquanto na parede com 14 cm foi de 96,4°C. A NBR 10636:1989 estabelece que para atender o critério de isolamento térmico, na face não exposta ao fogo, o aumento de temperatura média é aceitável até 140°C, e em qualquer ponto isolado o aumento da temperatura não deve ser maior que 180°C (ABNT, 1989).

Percebe-se que a amostra atende o critério de isolamento térmico da normalização brasileira.

Na avaliação da estanqueidade as duas paredes ensaiadas apresentaram fissuras, porém não foram suficientes para permitir a passagem de gases quentes ou chama ao ponto de inflamar o chumaço de algodão, atendendo aos critérios da NBR 10636:1989 (ABNT, 1989).

As amostras foram aprovadas também na análise da estabilidade. Estas não apresentaram deformações excessivas e mantiveram a integridade, mesmo depois de submetidas ao choque mecânico, conforme NBR 10636:1989 (ABNT, 1989).

No experimento, constatou-se que em todas as medições de temperatura na face da parede não exposta ao fogo, com tempo de ensaio semelhante, a parede de menor espessura apresentou maior temperatura. Com isso, conclui-se que o isolamento térmico é influenciado pela espessura da parede de concreto, ou seja, quanto maior a espessura melhor será o isolamento.

Conclui-se que o ambiente adjacente àquele em que o incêndio se desenvolve, separado por parede de concreto armado com f_{ck} 25 MPa, espessura mínima de 10 cm e taxa de armadura de 80 kg/m^3 , estará protegido por no mínimo 120 minutos. Com isto, não sofrerá influência das chamas e gases aquecidos a ponto de incendiar-se, atendendo às exigências contidas na NBR 10636:1989, referente à estanqueidade, isolamento térmico e estabilidade (ABNT, 1989; BOLINA et al., 2015).

A resistência à compressão, bem como as características do agregado e o tipo do cimento, em concretos convencionais, não tem influência significativa na resistência ao fogo (BOLINA et al., 2015). As afirmações dos autores são reforçadas pela norma brasileira NBR 15200:2012 (ABNT, 2012b) para projeto de estruturas de concreto armado em situação de incêndio. Esta apresenta critérios que independem dos agregados, tipo de cimento e resistência à compressão, desde que aplicada a concretos normais, sendo estes com massa específica seca maior do que 2000 kg/m^3 , não excedendo 2800 kg/m^3 , do grupo I de resistência (C20 a C50).

Com base nos dados apresentados pode-se inferir que a parede de concreto armado é uma das formas de proteger ambientes adjacentes da ação do incêndio. Esta garante o isolamento térmico, estanqueidade e estabilidade, necessários para impedir que o incêndio avance para locais indesejáveis.

2.6.2. Paredes resistentes ao fogo reconhecidas pelos corpos de bombeiros

A compartimentação é uma barreira física corta-fogo que separa riscos, com o objetivo de manter o incêndio em certo ambiente. As paredes divisórias utilizadas na compartimentação utilizam materiais incombustíveis como tijolo cerâmico, bloco vazado cerâmico, bloco cerâmico de concreto, concreto armado, chapa de gesso, e outros, devendo atender ao tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) (BRENTANO, 2015).

A compartimentação tem como objetivo fazer o isolamento dos riscos de incêndio nas edificações. A NBR 14432:2001 (ABNT, 2001), orienta que a compartimentação deve atender aos requisitos de estanqueidade, isolamento e segurança estrutural.

O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP) editou a Instrução Técnica (IT) nº 09/2019 (CBPMESP, 2019), Compartimentação horizontal e compartimentação vertical, que estabelece o dimensionamento de elementos construtivos a fim de impedir a propagação do incêndio para outros ambientes. Para as paredes de alvenaria que não possuam relatório de ensaio específico de resistência ao fogo, o CBPMESP adotará os parâmetros pré-definidos na IT nº 09. A Tabela 4 apresenta as paredes sem função estrutural ensaiadas com uma das faces totalmente exposta ao fogo, tendo por base a IT nº 09/2019.

Tabela 4. Tempo requerido de resistência ao fogo para paredes de alvenaria

Parede ensaiada dimensões 2,8 x 2,8m (sem função estrutural com uma face totalmente exposta ao fogo)	Características das paredes					Tempo de resistência ao fogo no projeto minutos	
	Argamassa de assentamento			Revestimento Espessura em cada face (*)	Espessura total da parede		
	Traço em volume						
	Cimento	Cal	Areia	cm	cm		
Tijolo de barro cozido 5x10x20 cm	Meio tijolo	-	1	5	-	10	90
	Um tijolo	-	1	5	-	20	> 360
	Meio tijolo	-	1	5	2,5	15	240
	Um tijolo	-	1	5	2,5	25	> 360
Blocos vazados de concreto	Bloco de 14 cm	1	1	8	-	14	90
	Bloco de 19 cm	1	1	8	-	19	90
	Bloco de 14 cm	1	1	8	1,5	17	120
	Bloco de 19 cm	1	1	8	1,5	22	180
Tijolos cerâmicos de 8 furos 10x20x20 cm	Meio tijolo	-	1	4	1,5	13	120
	Um tijolo	-	1	4	1,5	23	240

(*) Traços em volume para argamassa de revestimento: chapisco 1:3 e emboço 1:2:9.
Fonte: IT nº 09 CBPMESP (2019).

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina trata da compartimentação de ambientes na Instrução Normativa 14 (CBMSC, 2014). Esta norma admite a compartimentação de ambientes com paredes de alvenaria, sem a necessidade de comprovação da resistência ao fogo, com a condição de construir a parede seguindo as especificações da Tabela 4. O CBMSC adota para paredes de alvenaria as mesmas especificações do CBPMESP, contidas na Tabela 4.

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina, além da Instrução Normativa IN 14 (CBMSC, 2014), trata de paredes de alvenaria com resistência ao fogo na Instrução Normativa IN 09 (CBMSC, 2014), conforme explicitadas na Tabela 5. Caso a parede seja executada de forma diversa da Tabela 4 ou da Tabela 5, deverá ser comprovada a resistência ao fogo por meio de laudo de ensaio realizado por laboratório acreditado. Observa-se que a IN 09 (CBMSC, 2014) não define a junta entre os blocos, o traço da argamassa de assentamento e o traço da argamassa de revestimento.

Tabela 5. Resistência ao fogo para paredes de alvenaria

Material da parede	Espessura do bloco (cm)	Espessura do revestimento por face (cm)	Largura total da parede (cm)	TRRF (horas)
Blocos de Concreto Auto-Clavado	10	1,5	13	4
Concreto Armado	12	0	12	2
Concreto Armado	16	0	16	3
Bloco Cerâmico Maciço	9	1,5	12	2
Bloco Cerâmico Maciço	9	2,5	14	4
Bloco Cerâmico Maciço	19	0,5	20	6
Bloco Cerâmico Estrutural	14	1,5	17	3
Bloco Cerâmico Estrutural	14	0	14*	4
Bloco Cerâmico Estrutural	14	1,5	17*	6
Bloco Cerâmico Vazado	11,5	1,75	15	3
Bloco Cerâmico Vazado	19	2,0	23	4
Blocos de Concreto Vazado	12	1,5	15	4
Blocos de Concreto Vazado	19	1,5	22	3

* Espaço vazio do bloco preenchido com argamassa, graute ou areia.

Fonte: IN 09 CBMSC (2014).

A IN 14 (CBMSC, 2020) permite a compartimentação de ambientes com paredes divisórias executadas com chapa de gesso acartonado do tipo standard (ST), resistente à umidade (RU) e resistente ao fogo (RF), conforme a Tabela 6. O CBMSC estabelece que o sistema de compartimentação horizontal ou vertical deve garantir a proteção em seu conjunto, atendendo às características de resistência ao fogo.

A escolha dos elementos de construção que resistam ao calor e às chamas, mantendo a estabilidade, a estanqueidade e o isolamento térmico são fundamentais para isolar os riscos e tornar as edificações menos vulneráveis da ação do incêndio.

Tabela 6. Resistência ao fogo para paredes de gesso acartonado

Descrição conforme NBR 15758	Espessura total em mm	Largura da estrutura em mm	Distância entre montantes em mm	Chapas de gesso		Altura máxima da parede em m		Resistência ao fogo - CF	
						Montantes		Tipos de chapas	
				Qtde.	Espessura	Simples	Duplo	ST ou RU	RF
73/48/600/1CH 12,5 - 1CH 12,5	73	48	600	2	12,5	2,50	2,90	CF30	CF30
73/48/400/1CH 12,5 - 1CH 12,5	73	48	400	2	12,5	2,70	3,25	CF30	CF30
98/48/600/2CH 12,5 - 2CH 12,5	98	48	600	4	12,5	2,90	3,50	CF60	CF90
98/48/400/2CH 12,5 - 2CH 12,5	98	48	400	4	12,5	3,20	3,80	CF60	CF90
108/48/400/2CH 15 - 2CH 15	108	48	600	4	15	3,00	3,60	CF90	CF120
95/70/600/1CH 12,5 - 1CH 12,5	108	48	400	4	15	3,30	3,90	CF90	CF120
95/70/400/1CH 12,5 - 1CH 12,5	95	70	600	2	12,5	3,00	3,60	CF30	CF30
120/70/600/2CH 12,5 - 2CH 12,5	95	70	400	2	12,5	3,30	4,05	CF30	CF30
120/70/400/2CH 12,5 - 2CH 12,5	120	70	600	4	12,5	3,70	4,40	CF60	CF90
130/70/600/2CH 15 - 2CH 15	130	70	600	4	15	3,80	4,50	CF90	CF120
130/70/400/2CH 15 - 2CH 15	130	70	400	4	15	4,20	4,90	CF90	CF120
115/90/600/1CH 12,5 - 1CH 12,5	115	90	600	2	12,5	3,50	4,15	CF30	CF30
115/90/400/1CH 12,5 - 1CH 12,5	115	90	400	2	12,5	3,85	4,60	CF30	CF30
140/90/600/2CH 12,5 - 2CH 12,5	140	90	600	4	12,5	4,20	5,00	CF60	CF90
140/90/400/2CH 12,5 - 2CH 12,5	140	90	400	4	12,5	4,60	5,50	CF60	CF90
150/90/600/2CH 15 - 2CH 15	150	90	600	4	15	4,30	5,10	CF90	CF120
150/90/400/2CH 15 - 2CH 15	150	90	400	4	15	4,70	5,60	CF90	CF120
160/48/600/DEL/2CH 12,5 - 2CH 12,5	160	48	600	4	12,5	4,90	5,80	CF60	CF90
160/48/400/DEL/2CH 12,5 - 2CH 12,5	160	48	400	4	12,5	5,50	6,50	CF60	CF90

Legenda: ST - Standard RU - Resistente à umidade RF - Resistente ao fogo

Fonte: IN 14 CBMSC (2020).

2.7. Considerações finais

Os autores citados mostraram a descoberta do gás liquefeito de petróleo e suas utilidades. Relataram como iniciou a comercialização do GLP no Brasil e a difusão do uso do GLP em botijão contendo 13 kg de gás nos lares brasileiros. Apresentaram as consequências da instalação do recipiente de GLP no interior de residências em caso de incêndio. Foram expostos os perigos decorrentes de vazamento e da instalação em ambientes sem ventilação permanente.

Foram levantados trabalhos que ajudam a compreender o fenômeno químico da combustão. Apresentaram os elementos indispensáveis para ocorrência do fogo e conceitos sobre mistura explosiva. Quanto à dinâmica dos incêndios, relataram os mecanismos de transferência de calor e a curva característica clássica do incêndio.

Alguns autores realizaram experimentos simulando incêndios reais e coletaram informações relevantes. Destaca-se a temperatura no interior do cômodo em diferentes cotas de níveis, observando-se temperaturas mais elevadas próximo ao teto, devido à transmissão de calor por convecção. Pode-se inferir, devido a este fenômeno, que equipamentos instalados junto ao piso, aquecem de forma mais lenta que os instalados próximo ao teto. Estes autores também compararam as temperaturas nas faces internas e externas das paredes do ambiente em chamas, sendo constatada a eficiência das paredes de alvenaria no isolamento térmico, o que dificulta a propagação do incêndio.

Em relação à resistência ao fogo dos elementos construtivos, constataram a viabilidade de construir paredes com a finalidade de isolar riscos, as quais garantem isolamento térmico, estanqueidade e estabilidade. Os corpos de bombeiros reconhecem como corta-fogo as paredes dimensionadas conforme tabelas pré-definidas, dispensando os ensaios em laboratórios.

Sendo assim, este trabalho apresentará o levantamento de dados de incêndios periciados pelo CBMSC. Especificamente os incêndios em que o recipiente de GLP estava instalado no interior da edificação residencial privativa multifamiliar, no período de 2015 a 2017, buscando identificar a vulnerabilidade dessas edificações.

Portanto, com as informações obtidas buscou-se identificar os riscos decorrentes da presença do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento, a fim de mitigá-los.

3. Método

3.1. Considerações iniciais

O estudo para identificar os riscos decorrentes da presença do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento, a fim de mitigá-los, se deu por meio de três etapas distintas. Na primeira etapa do estudo foram coletados os dados registrados no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e elaboradas as estatísticas de incêndios relacionados ao GLP, identificando as consequências da instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento. Em seguida, com base na literatura, utilizando-se da metodologia exploratória e indutiva, identificaram-se os riscos associados ao GLP. Por fim, fez-se a proposição de um abrigo para botijão de 13 kg para mitigar os riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento.

3.2. Coleta de dados

A etapa do estudo na qual foram coletados os dados registrados no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, foi possível em decorrência da disponibilização do banco de dados por parte do CBMSC de todos os incêndios periciados em Santa Catarina no período entre 1º de janeiro de 2015 e 31 de dezembro de 2017. O objetivo foi comparar os danos nas edificações com botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento com os imóveis que tinham o recipiente de GLP instalado no lado externo da edificação.

A Diretriz de Procedimento Operacional Permanente nº 24 (Dtz POP Nr 24) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina regula os procedimentos para realizar a investigação de incêndio e explosão (CBMSC, 2017). O Anexo A da DtzPOP Nr 24 apresenta o modelo do formulário que o perito de incêndio preenche durante a investigação. Com base no formulário identificaram-se as informações relevantes para o estudo, sendo destacados os seguintes quesitos: tipo do evento (todos os incêndios); bem sinistrado (residencial multifamiliar); intensidade da queima (total, mais de 50%, 50%, menos de 50%, e insignificante); possui GLP na edificação

(sim, não); local de instalação do GLP (dentro da edificação, fora da edificação e de acordo com as normas, fora da edificação e com alteração em relação às normas, não se aplica); o GLP teve relação com a causa do incêndio (sim, não, não se aplica); se o GLP não teve relação com a causa do incêndio, houve combustão posterior do gás (sim, não); Se o GLP foi significativo para a propagação do incêndio (sim, não, não se aplica).

Após análise e identificação dos quesitos relevantes para o estudo foram elaboradas perguntas e encaminhadas para a Divisão de Perícia de Incêndios e Explosões do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, sendo elas:

- 1) Quantidade total de investigações de incêndio entre 1º de janeiro de 2015 e 31 de dezembro de 2017?
- 2) Exclusivamente sobre as perícias realizadas nos incêndios ocorridos nas edificações residenciais multifamiliares:
 - a) Quantidade de incêndios?
 - b) A edificação sinistrada possuía instalação de GLP?
 - c) O cilindro de GLP estava instalado dentro ou fora da edificação?
 - d) O GLP teve relação direta com o surgimento do incêndio?
 - e) O GLP sofreu combustão posterior ao início do incêndio?
 - f) O GLP foi significativo para a propagação do incêndio?
 - g) Qual foi a intensidade da queima?

Com os dados da população verificou-se todos os elementos que compõem o universo dos incêndios em edificações residenciais privadas multifamiliares. As variáveis dos dados coletados neste trabalho são em sua grande maioria nominais, também conhecidas como categóricas. Estas foram utilizadas para classificar as edificações de acordo com os atributos relacionados ao uso do GLP e ao incêndio. Com a utilização de técnicas da estatística descritiva, aplicáveis às variáveis nominais baseadas nas frequências das observações, foram determinadas a proporção e a moda.

Para o quesito “qual foi a intensidade da queima?”, coletou-se dados que possuem escala ordinal sendo possível ordenar de forma crescente de intensidade da queima. Com o tratamento estatístico dos dados identificou-se as consequências da instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento.

A fim de possibilitar a comparação entre a intensidade da queima relacionada à instalação do GLP dentro ou fora da edificação, os incêndios periciados em que os peritos não responderam sobre a intensidade da queima foram descartados.

3.3. Estudo estatístico qualitativo

Utilizou-se da estatística como instrumento auxiliar de análise. Com base nas perícias realizadas pelo CBMSC, elaborou-se um diagnóstico e se fez previsões sobre o comportamento do incêndio.

Observou-se o número de vezes em que determinado questionamento obteve a mesma resposta, sendo denominado na estatística por frequência. A moda por definição, conforme Lakatos e Marconi (2018), é o valor de maior frequência em uma série de valores. Não há cálculo envolvido na determinação da moda, sua importância é destacar a classe dominante da distribuição.

A proporção é uma medida determinada pela fração cujo numerador é uma das frequências e o denominador a soma de todas as frequências obtidas. Foi calculada a proporção populacional conforme indicado por Lakatos e Marconi (2018). A Equação 1 mostra a equação da proporção.

$$P = X / N \quad (1)$$

Onde:

P é a proporção da categoria;

X é o número de elementos da população;

N é a dimensão da população.

Para o cálculo da porcentagem da categoria utilizou-se a Equação 2, a porcentagem é a proporção multiplicada por 100 (LAKATOS; MARCONI, 2018).

$$C = P * 100 \quad (2)$$

Onde:

C é a porcentagem da categoria;

P é a proporção da categoria.

3.4. Riscos associados à instalação de recipientes de GLP no interior do apartamento

Na segunda etapa, com base na literatura, utilizando-se da metodologia exploratória e indutiva, identificaram-se os riscos associados à instalação de recipientes de GLP no interior do apartamento. A pesquisa bibliográfica abordou diversos livros, artigos e normas, conforme referências ao final deste trabalho. As vulnerabilidades do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento, frente ao incêndio, também é comprovada por meio das perícias realizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

3.5. Mitigação dos riscos

Por fim, fez-se a proposição de um abrigo para botijão de 13 kg para mitigar os riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento. Com o auxílio da ferramenta Sketchup, software de modelagem 3D, projetou-se um abrigo para um botijão de 13 kg. Os pontos críticos à segurança, relacionados ao isolamento térmico, à estabilidade, à estanqueidade em relação ao apartamento e à ventilação para a área externa, foram detalhados. Especificaram-se as dimensões do abrigo e os materiais necessários, e definiu-se o método construtivo.

4. Resultados

4.1. Análise dos dados de investigações de incêndio em edificações residenciais privativas multifamiliares

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina estabeleceu as regras da atividade de investigação de incêndio e explosão por meio da Diretriz de Procedimento Operacional Permanente nº 24/2013 (CMBSC, 2013). Os dados estudados no presente artigo foram coletados na Diretoria de Segurança Contra Incêndio e Pânico do CBMSC.

Os dados analisados compõem o banco de dados do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, produzidos pelos inspetores e peritos de incêndio, por meio das investigações de incêndio, os quais são armazenados no Módulo Perícia do Sistema de Registro e Gerenciamento de Ocorrências e-193.

A amostra coletada para estudo e análise é composta por todos os laudos e informes periciais produzidos pelo CBMSC entre 1º de janeiro de 2015 e 31 de dezembro de 2017 e inseridos no Módulo Perícia do Sistema de Registro e Gerenciamento de Ocorrências e-193.

Os dados de incêndio registrados a partir dos laudos e informes periciais elaborados pelo CBMSC, entre os anos de 2015 e 2017, totalizam uma população de 2.868 investigações. Desse total, 190 são incêndios em edificações residenciais privativas multifamiliares, objeto desse estudo, e representam 6,6% das investigações. Todas as informações apresentadas nas tabelas e gráficos desta seção referem-se a edificações residenciais privativas multifamiliares, sinistradas por incêndio e periciadas pelo CBMSC.

Com os dados coletados pelo Oficial Perito e o Inspetor de Incêndio, ao investigar o local sinistrado, o sistema informatizado é alimentado com dados referentes à presença e posição do cilindro de GLP na edificação respondendo cinco perguntas, abaixo relatadas:

a) Pergunta 1: a edificação sinistrada possuía instalação de GLP?

Analisando-se as respostas do primeiro questionamento, apresentadas na Tabela 7, percebe-se que havia GLP em 150 (78,9%) das 190 edificações residenciais multifamiliares investigadas, este percentual pode ser maior devido à resposta campo não preenchido.

Na Figura 7 descartou-se a resposta campo não preenchido. Com isto, o percentual de edificações residenciais privativas multifamiliares investigadas que faziam uso do GLP aumentou para 91,5%. Para este quesito não são observados: o tipo do recipiente (P-13, P-45, P-190, etc); o local de instalação (no interior do apartamento ou na área externa da edificação); ou como o recipiente é protegido (central, abrigo ou ainda sem nenhuma proteção).

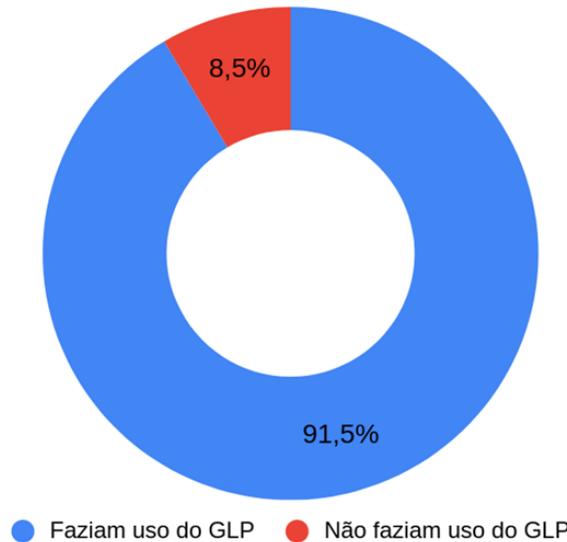
Tabela 7. Existência de GLP na edificação

A edificação sinistrada possuía instalação de GLP	Frequência	Porcentagem
Sim	150	78,9%
Não	14	7,4%
Campo não preenchido	26	13,7%
Total	190	100,0%

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

Pode-se observar na Figura 7 a prevalência do uso do GLP pelas edificações objeto deste estudo. Tratando-se de edificações residenciais privativas multifamiliares o resultado já era esperado, pois as pessoas em suas residências necessitam de fonte de energia para cocção de alimentos ou preparo de bebidas quentes. Algumas alternativas para a utilização de GLP são o gás natural canalizado (GN) e a energia elétrica por meio dos fogões de indução e microondas.

Figura 7. Edificações residenciais privativas multifamiliares, sinistradas por incêndio, que faziam uso do GLP independente do tipo do recipiente ou do local de instalação.



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

b) Pergunta 2: o cilindro de GLP estava instalado dentro ou fora da edificação?

Conforme a Tabela 8, do total das edificações residenciais privativas multifamiliares investigadas, constatou-se em 49 casos (25,8%) há presença de GLP instalado no interior da edificação.

Tabela 8. Local de instalação do GLP

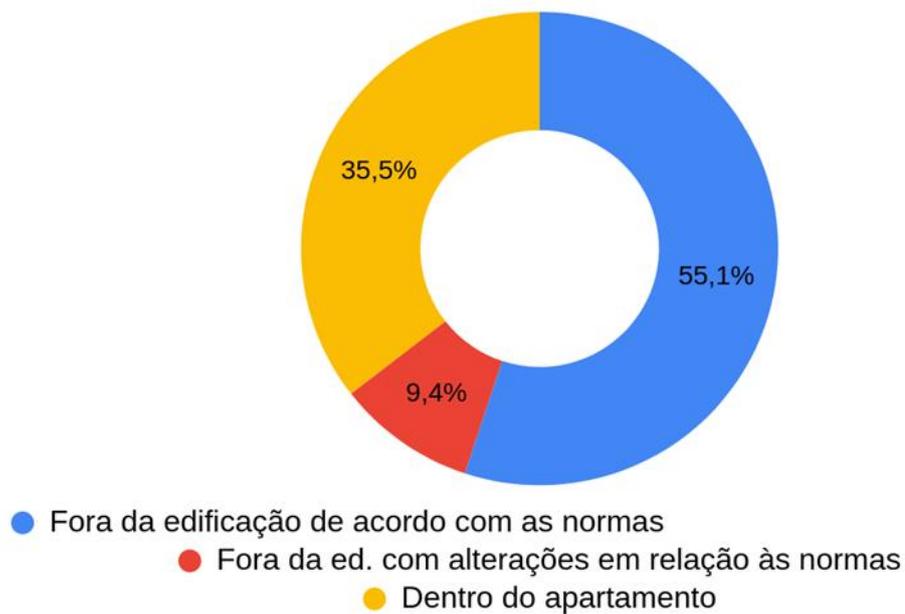
O cilindro de GLP estava instalado dentro ou fora da edificação	Frequência	Porcentagem
Fora da edificação de acordo com as normas	76	40,0%
Fora da ed. com alterações em relação às normas	13	6,8%
Dentro da edificação	49	25,8%
Não se aplica	22	11,6%
Campo não preenchido	30	15,8%
Total	190	100,0%

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

Para a elaboração da Figura 8 considerou-se apenas os 138 apartamentos para os quais o investigador atestou a posição do GLP, descartando-se as

frequências: não se aplica e campo não preenchido. Observa-se que o percentual de edificações com GLP instalado no interior dos apartamentos aumentou para 35,5%. Pode-se inferir que um número elevado, aproximadamente um terço, das edificações multifamiliares sinistradas possuíam GLP no interior do imóvel.

Figura 8. Local de instalação do GLP nos apartamentos pericidados pelo CBMSC após o incêndio, descartando-se as frequências não se aplica e campo não preenchido.



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

c) Pergunta 3: o GLP teve relação direta com o surgimento do incêndio?

Observa-se na Tabela 9 que a relação entre o GLP e o surgimento do incêndio foi constatada em 8,4% dos casos. No universo de 190 incêndios, em 16 casos é possível afirmar que o início do incêndio teve relação direta com o GLP. Infere-se que em mais de 90% dos incêndios o GLP não influenciou no surgimento do incêndio.

Tabela 9. Relação do GLP com o surgimento do incêndio

O GLP teve relação direta com o surgimento do incêndio	Frequência	Porcentagem
Sim	16	8,4%
Não	127	66,8%
Não se aplica	21	11,1%
Campo não preenchido	26	13,7%
Total	190	100,0%

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

d) Pergunta 4: o GLP sofreu combustão posterior ao início do incêndio?

Uma questão relevante é identificar se o GLP sofreu combustão após o início do incêndio, para este quesito, analisando a Tabela 10, em 12 edificações foi observado que o GLP foi consumido pelas chamas.

Tabela 10. Combustão do GLP após início do incêndio

O GLP sofreu combustão posterior ao início do incêndio	Frequência	Porcentagem
Sim	12	6,3%
Não	104	54,7%
Não se aplica	44	23,2%
Campo não preenchido	30	15,8%
Total	190	100,0%

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

e) Pergunta 5: o GLP foi significativo para a propagação do incêndio?

A Tabela 11 mostra o quesito que relaciona o GLP e a propagação do incêndio, observa-se 13 (6,8%) casos em que o GLP foi significativo no agravamento do incêndio. Comparando com os dados da Tabela 10 observa-se o registro de 1 ocorrência a menos de combustão do GLP posterior ao início do incêndio. Pode-se

inferir que caso o GLP sofra combustão, a queima do GLP será significativa para o agravamento do incêndio.

Tabela 11. Relação entre o GLP e a propagação do incêndio

O GLP foi significativo para a propagação do incêndio	Frequência	Porcentagem
Sim	13	6,8%
Não	39	20,5%
Não se aplica	101	53,2%
Campo não preenchido	37	19,5%
Total	190	100,0%

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

O Oficial Perito e o Inspetor de Incêndio do CBMSC respondem quesitos referentes à extensão do incêndio. As Tabelas 12 e 13 relacionam os dados sobre a intensidade da queima e o local de instalação do GLP. Ao comparar estas tabelas observa-se que os apartamentos sinistrados, que tinham o GLP instalado em seu interior, sofreram danos mais severos se comparados aos imóveis com GLP locados na área externa.

Na Tabela 12 observa-se que os apartamentos com o GLP em seu interior, em 14,3% dos casos foram completamente destruídos pela chama. A Tabela 13 apresenta os apartamentos com o GLP instalado do lado de fora da edificação, estas sofreram queima total em 3,4% dos casos. Com base nas informações produzidas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, infere-se que a chance do incêndio consumir todo o imóvel é quatro vezes maior quando o GLP está instalado dentro do apartamento.

Tabela 12. Intensidade de queima nos casos em que o cilindro de GLP estava instalado dentro da edificação privativa multifamiliar

Intensidade de queima	Frequência	Porcentagem (%)	Frequência acumulada	Porcentagem acumulada (%)
Não respondido	3	6,1	3	6,1
Insignificante	10	20,4	13	26,5
Menos de 50%	17	34,7	30	61,2
50,00%	3	6,1	33	67,4
Mais de 50%	9	18,4	42	85,7
Queima Total	7	14,3	49	100,0

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

Tabela 13. Intensidade de queima nos casos em que o cilindro de GLP estava instalado do lado externo da edificação privativa multifamiliar

Intensidade de queima	Frequência	Porcentagem (%)	Frequência acumulada	Porcentagem acumulada (%)
Não respondido	5	5,6	5	5,6
Insignificante	27	30,3	32	36,0
Menos de 50%	38	42,7	70	78,7
50,00%	3	3,4	73	82,0
Mais de 50%	13	14,6	86	96,6
Queima Total	3	3,4	89	100,0

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

A Figura 9 mostra a intensidade da queima relacionada ao local de instalação do recipiente de GLP, descartando-se as perícias em que não foi respondido sobre a intensidade da queima. Observa-se que o local de instalação do GLP é determinante para indicar a tendência da gravidade do incêndio e conseqüentemente os danos.

Nas edificações onde o recipiente de GLP estava instalado do lado externo, os números relativos à intensidade da queima de até 50% da edificação, superam o número de casos relativos em que o GLP estava com o botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento. Também é mostrado que a situação apontada anteriormente se inverte para intensidade da queima a partir de 50%. A tendência do incêndio

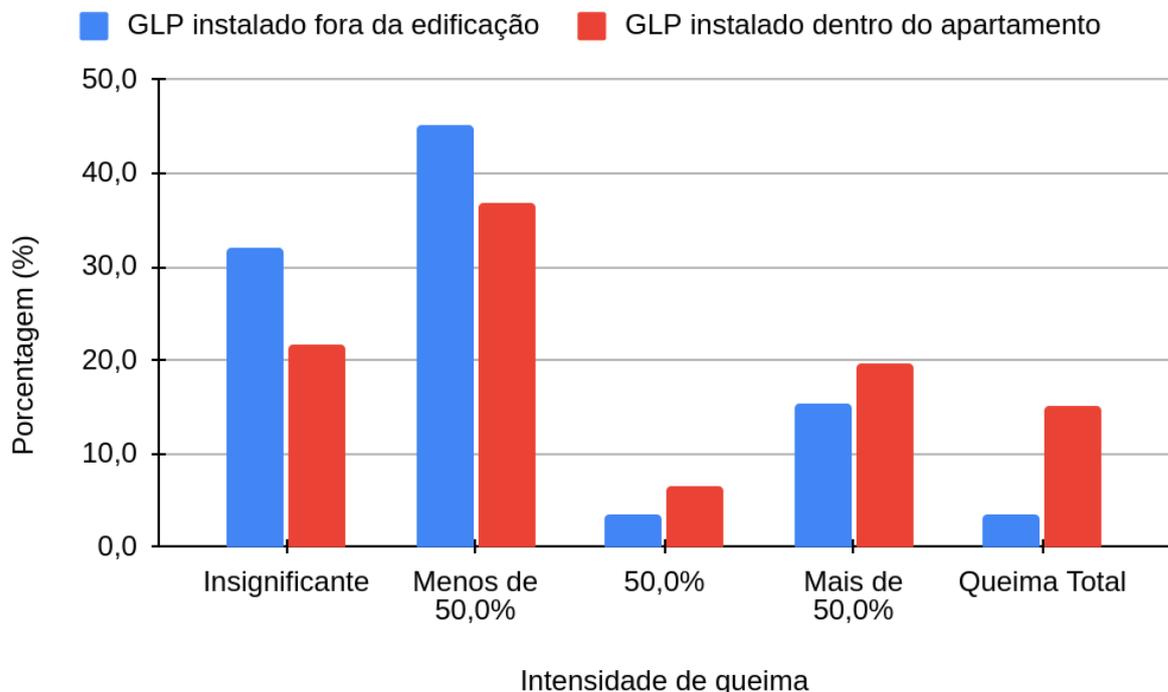
consumir 50% ou mais da edificação é maior quando o botijão de 13 kg de GLP está no interior do apartamento, conforme mostra a Figura 9.

Na Figura 10 está representada a intensidade da queima acumulada. Constatou-se que em aproximadamente 75% das ocorrências o incêndio consumiu menos da metade da edificação, quando o recipiente de GLP estava instalado do lado externo da edificação.

Observa-se a tendência dos incêndios serem mais severos quando o botijão de 13 kg de GLP está no interior do apartamento. Esta constatação é confirmada pelo quociente entre a variação da frequência pela variação da intensidade da queima, representada na inclinação dos segmentos de retas da Figura 10.

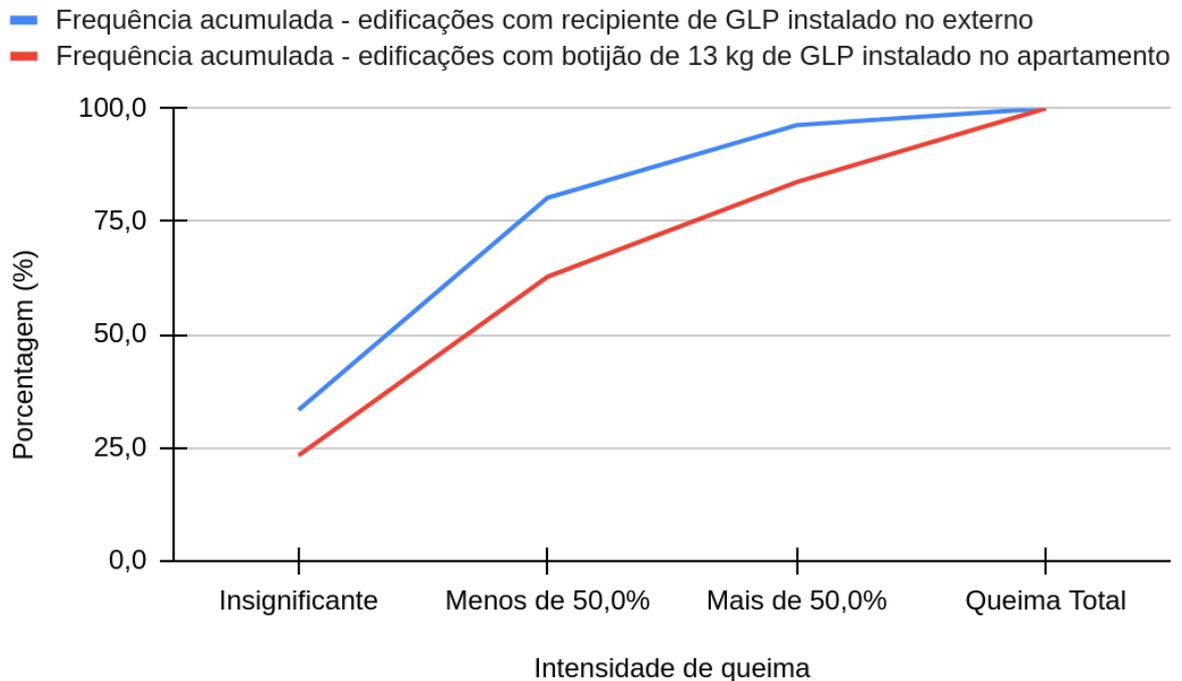
Com base no estudo estatístico constatou-se que a instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento tem como consequência incêndios mais severos, que acarretam prejuízos materiais de grande monta e dificuldade de debelar as chamas.

Figura 9. Danos registrados pelo CBMSC durante as perícias de incêndio em apartamentos relacionados ao local de instalação do recipiente de GLP



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

Figura 10. Intensidade da queima acumulada registradas pelo CBMSC durante as perícias de incêndio em apartamentos relacionados ao local de instalação do recipiente de GLP representados por segmentos de retas



Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do CBMSC.

4.2. Identificação dos riscos relacionados ao GLP

4.2.1. Identificação dos riscos potenciais do GLP, comuns a instalação dentro do apartamento ou em central externa

O GLP é utilizado como combustível na grande maioria dos lares brasileiros (FERRARINI; MORANO; BARRICHELLO, 2017). Os aparelhos técnicos de queima residenciais controlam o fogo gerado pela reação química entre o oxigênio e o GLP. Esta reação química consome o oxigênio reduzindo sua concentração no ambiente.

A baixa concentração do oxigênio interfere na queima e dá origem ao monóxido de carbono (CO) devido a combustão ser incompleta, sendo este um gás tóxico. A toxicidade do CO no homem é decorrente da competição do CO com O₂ pela hemoglobina. A afinidade da hemoglobina pelo CO é 240 vezes maior que pelo O₂ (LACERDA; LEROUX; MORATA, 2005).

Segundo Lacerda, Leroux e Morata (2005) o CO é conhecido como assassino silencioso e tem a capacidade de matar uma pessoa em poucos minutos, é ele é produzido pela combustão incompleta de matérias carbonáceas orgânicas, como o GLP.

A exposição de pessoas a ambientes com a presença de CO pode levar à morte. O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, por meio da IN 08 (CBMSC, 2018), a fim de evitar a redução de oxigênio no ambiente e por consequência a produção de CO durante a utilização dos aparelhos técnicos de queima, exige aberturas de ventilação permanente. As aberturas promovem a renovação do ar, fazendo a troca gasosa entre o apartamento e a área externa.

O GLP é altamente inflamável e em determinada concentração no ambiente pode provocar explosão. Uma pequena quantidade de gás tem elevado potencial destrutivo. Caso a concentração de GLP alcance o LIE e não ultrapasse o LSE, a exposição a uma fonte de ignição provocará a explosão (SEITO et al., 2008). A Figura 11 mostra imagens de uma explosão provocada por GLP.

Figura 11. Imagens de uma explosão provocada por GLP



Fonte: Laudo da Polícia Científica do Paraná (2017)

4.2.2. Riscos identificados exclusivamente pela instalação do P-13 no apartamento

A Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) elaborada pela Petrobras Distribuidora S.A. (PETROBRAS, 2019), classifica o GLP como gás extremamente inflamável contido em recipientes sob pressão. A Petrobras (2019) (FISPQ), indica que o recipiente de GLP deve ficar afastado de calor, faíscas, chamas abertas e superfícies quentes. O botijão de 13 kg de GLP instalado no apartamento fica geralmente ao lado do fogão, vai de encontro à recomendação da Petrobras.

Identificou-se a possibilidade de vazamento nos seguintes pontos do Botijão de GLP 13 kg e seus acessórios: bujão-fusível; válvula automática do botijão; corpo do botijão; cone-borboleta do regulador de pressão; e registro de corte do regulador de pressão (MOREIRA, 2015). Com isto, infere-se que a instalação do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento amplia possibilidades de vazamentos. O vazamento na mangueira flexível e suas ligações com o regulador de pressão e o fogão são semelhantes ao da rede de GLP instalado em central externa à edificação, que também necessita de mangueira flexível para unir o ponto de consumo com o fogão.

Recomenda-se armazenar o botijão em local bem ventilado, Petrobras (2019) (FISPQ). A cozinha do apartamento não garante a ventilação adequada possibilitando o acúmulo do GLP no ambiente.

Para conter o GLP é necessário que seja mantido dentro de um sistema rigorosamente fechado. NBR 11707:1997 (ABNT, 1997b) especifica as características exigíveis para a fabricação e ensaios dos bujões-fusíveis, fabricado em liga de chumbo-bismuto com ponto de fusão de 78°C. Sua função é liberar o GLP impedindo que ocorra uma explosão do vasilhame em caso de aumento da pressão interna, provocado pela elevação da temperatura do botijão.

Uma das vulnerabilidades de instalar o botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento é que em caso de incêndio a temperatura no ambiente fará a fusão do bujão-fusível. Este fenômeno é esperado e impede a explosão do cilindro, porém a liberação do GLP no ambiente alimenta o incêndio ampliando sua consequência.

4.3. Mitigação dos riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento

Infere-se que para diminuir a vulnerabilidade das edificações privativas multifamiliares, classificadas pelo CBMSC como existentes (CBMSC, 2019), indica-se como primeira alternativa executar uma central de gás externa à edificação que atenda às normas técnicas. O projeto e execução devem ser realizados por um responsável técnico com registro em seu respectivo conselho de classe.

Sabe-se que nem sempre a execução da Central de Gás é possível. Os motivos que impedem a execução geralmente são: a falta de espaço físico adequado para construção da Central de Gás; dificuldade de executar a rede de GLP devido à necessidade de abertura de orifícios na estrutura do imóvel; e o elevado custo para realizar o serviço.

Uma alternativa para prevenir que o incêndio atinja o botijão de GLP instalado no interior da edificação é construir um abrigo resistente ao fogo para proteger o cilindro das chamas e gases aquecidos. O sistema construído (abrigo) deve garantir a estabilidade, integridade, estanqueidade e isolamento do calor, protegendo o cilindro de GLP.

Segundo Brentano (2015), para compartimentar espaços, a fim de controlar a propagação de fumaça, chamas e calor durante um incêndio, devem ser utilizados materiais incombustíveis como tijolo cerâmico, bloco vazado cerâmico, bloco cerâmico de concreto, concreto armado, chapa de gesso, e outros, devendo atender ao tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF).

Braga, Lisboa Neto e Salazar (2016) simularam condições aproximadas de um incêndio real e traçaram o perfil vertical de temperatura no interior de um ambiente. No estudo, os pesquisadores fixaram uma haste na vertical e instalaram termopares, alterando apenas a cota de nível de cada termopar. Com o experimento constataram que a diferença de temperatura chega a 550°C, caso seja comparada à medição do termopar instalado a 0,9 metro com outro instalado a 1,5 metros do piso na vertical.

Observando-se os estudos, constata-se um gradiente de temperatura na vertical, apontando para temperaturas mais elevadas à medida que se afasta do piso.

Este conhecimento comprova que o abrigo construído junto ao piso sofre menor influência das altas temperaturas produzidas no incêndio.

O cilindro de GLP possui 36cm de diâmetro e 47,5cm de altura. Um abrigo com altura interna livre de 70cm tem espaço suficiente para instalação da válvula de estágio único e as manobras necessárias para substituição do botijão.

Dois requisitos pertinentes à ventilação do abrigo devem ser observados, sem os quais não se recomenda a construção, sendo:

O abrigo deve ser estanque em relação à área interna do imóvel; e

É necessária a ventilação permanente no abrigo.

Para atender ao requisito de ventilação será indispensável que uma das faces do abrigo utilize a fachada externa da edificação e tenha abertura para ventilação permanente. Para o requisito estanqueidade o ponto vulnerável é a abertura para substituição do cilindro de GLP.

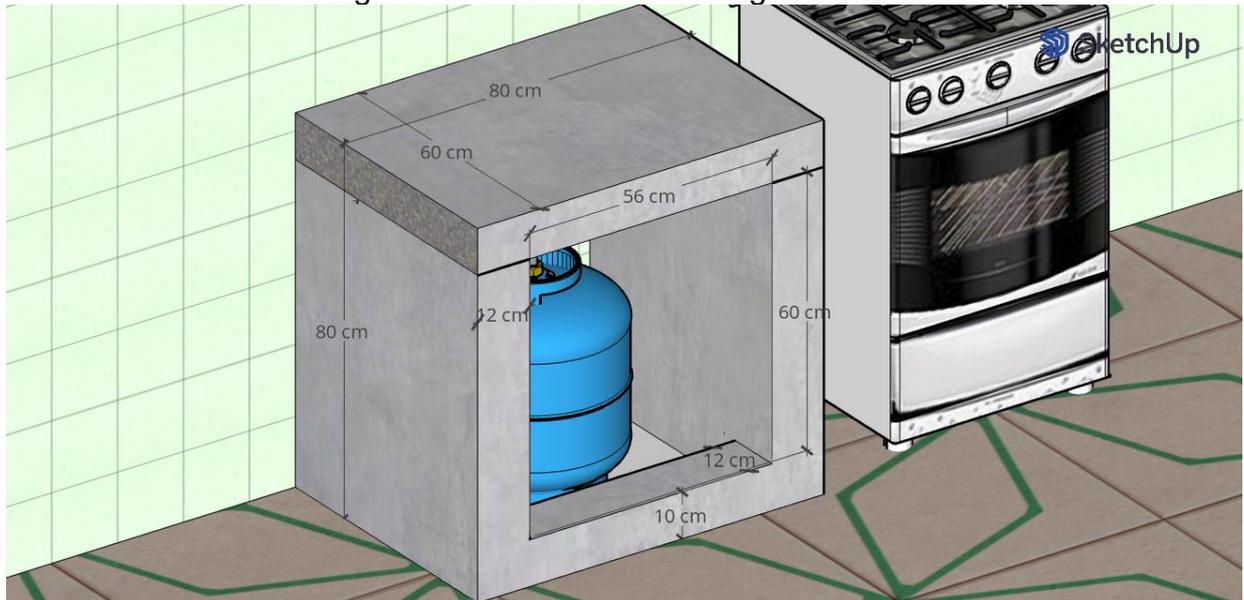
Quanto à rede de GLP entre o botijão e o ponto de consumo, recomenda-se que a tubulação inicie no interior do abrigo, garantindo a proteção das conexões. A ligação entre o botijão e a rede deve possuir válvula de estágio único sobre o botijão de 13 kg, registro de corte e mangueira flexível para possibilitar a substituição do botijão observando a NBR 15526:2012 (ABNT, 2012a). A rede deve ter diâmetro mínimo de 1/2 polegada em toda sua extensão e no ponto de consumo registro de corte em conformidade com a IN 08 do CBMSC (CBMSC, 2018). Recomenda-se que a tubulação fique embutida sob o piso e seja executada no menor trecho vertical possível para alcançar o ponto de consumo do GLP.

4.3.1. Proposta de um abrigo para botijão de 13 kg para mitigar os riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento

Com o auxílio do Sketchup, software de modelagem 3D, projetou-se um abrigo para um botijão de 13 kg para GLP. O objetivo foi mitigar os riscos associados à instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento. A Figura 12 apresenta as dimensões do abrigo, o desafio foi integrar o abrigo à cozinha interferindo o mínimo possível na sua funcionalidade. Observando conceitos ergonômicos limitou-se a altura externa do abrigo em 80cm, facilitando a utilização do espaço sobre o abrigo,

permitindo inclusive a instalação de um fogão de bancada (Cooktop). Para diminuir a carga de incêndio optou-se por um abrigo que comporta apenas um botijão de 13 kg. Esta opção não prejudica a viabilidade do projeto, pois o botijão de 13 kg pode ser adquirido por meio do telefone e entregue no domicílio.

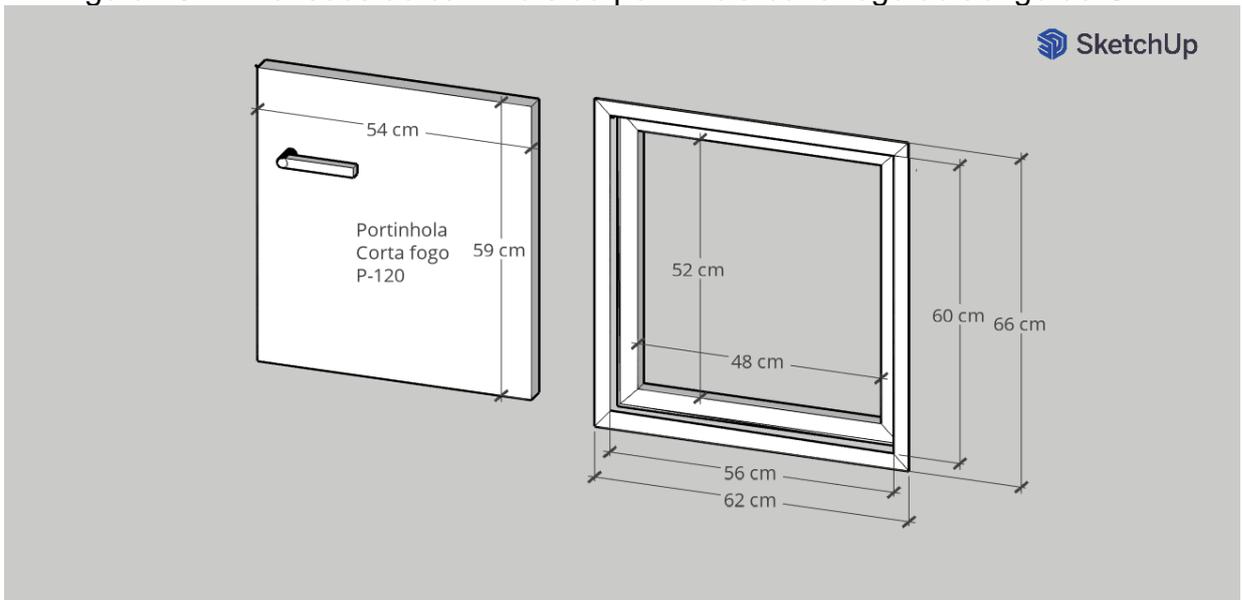
Figura 12. Dimensões do abrigo de GLP



Fonte: Elaborada pelo autor.

O cilindro de GLP possui 36cm de diâmetro e 47,5cm de altura. O abrigo possui 48cm de profundidade, 56cm de largura e 70cm de altura interna livre. O espaço abriga com folga o botijão, permitindo a realização das manobras necessárias para sua substituição e também instalação da válvula de estágio único com registro de corte. A Figura 13 apresenta as dimensões do caixilho e da portinhola corta fogo, observa-se que a abertura é suficiente para as manobras de substituição do botijão.

Figura 13. Dimensões do caixilho e da portinhola corta fogo do abrigo de GLP



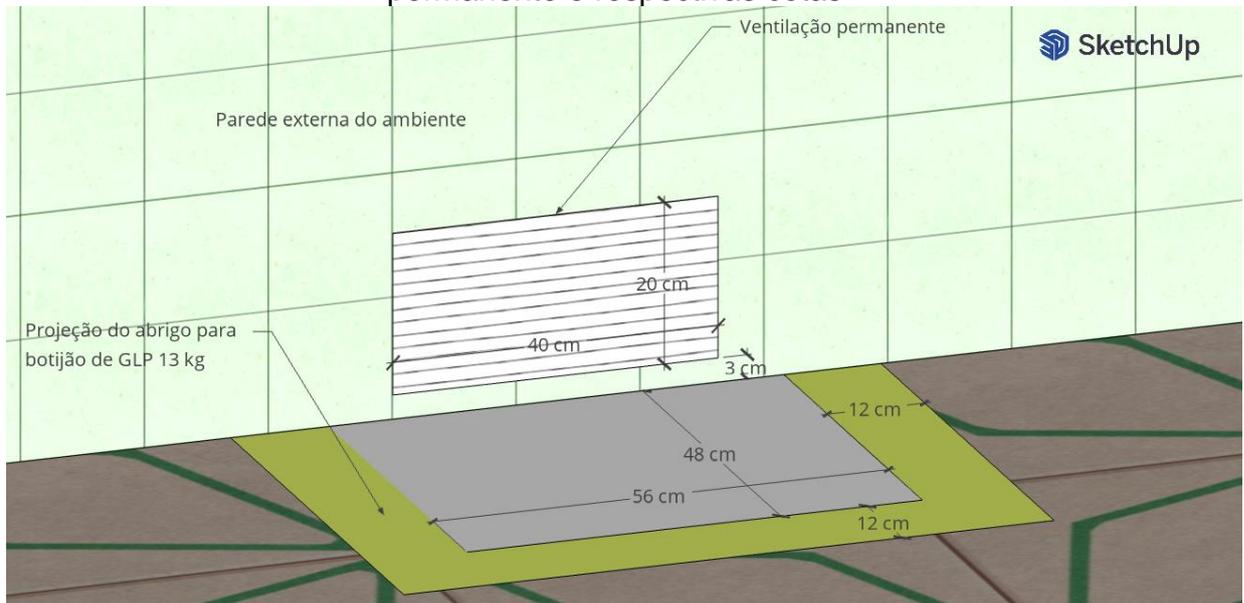
Fonte: Elaborada pelo autor

4.3.2. Detalhamento e materiais propostos para construção do abrigo de GLP

A construção do abrigo para o botijão de 13 kg de GLP tem como objetivo mitigar os riscos para a edificação e para os moradores. Para isto buscou-se tratar as vulnerabilidades do abrigo, quais sejam: o isolamento térmico; a estabilidade; a estanqueidade; e a ventilação permanente para a área externa da edificação.

O abrigo deve ser construído utilizando uma parede externa da edificação, possibilitando a ventilação permanente com o exterior. A Figura 14 apresenta a ventilação permanente e locação do abrigo, acompanhados das respectivas cotas.

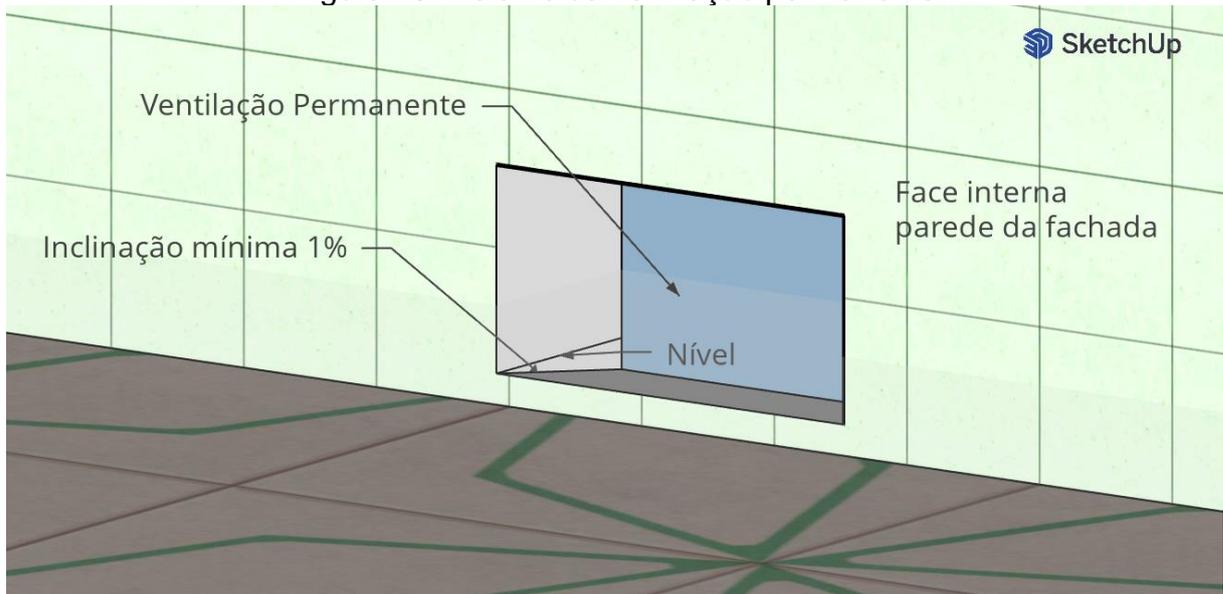
Figura 14. Detalhes da locação do abrigo para o botijão de 13 kg de GLP ventilação permanente e respectivas cotas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Luduvico (2016) definiu que o peitoril da janela deve ter inclinação mínima de 1% para a face externa da edificação. Adotando-se técnicas da construção civil aplicadas no projeto e execução de janela, recomenda-se que a abertura para ventilação permanente tenha inclinação mínima de 1% entre a face interna da parede e sua face externa, conforme mostra a Figura 15. As superfícies da abertura para ventilação devem receber uma camada de revestimento para regularização e aplicação de camada de impermeabilização. Tais medidas são fundamentais para facilitar o escoamento da água para fora da edificação e prevenir patologias por infiltração e umidade.

Figura 15. Detalhe da ventilação permanente



Fonte: Elaborada pelo autor

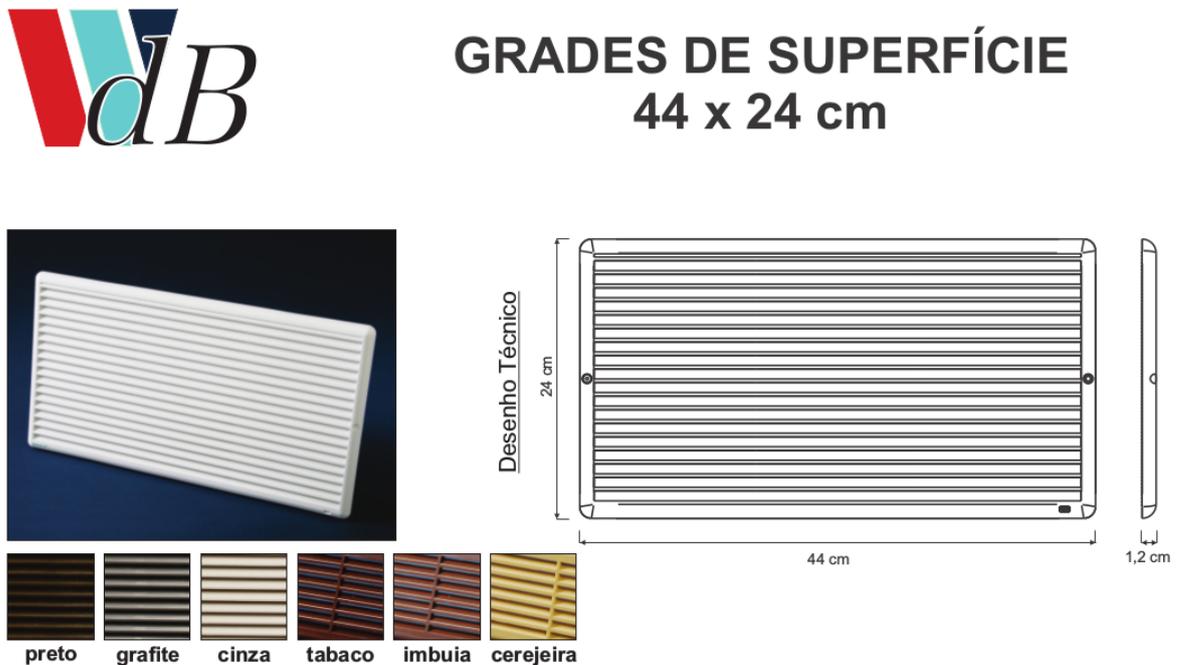
A ventilação proposta possui 800cm^2 , medindo $40\text{cm} \times 20\text{cm}$, esta dimensão facilita a aquisição de grade de ventilação modelo de superfície, em que o encaixe da peça é feito por sobreposição. A grade de ventilação não é de instalação obrigatória, mas é conveniente para evitar a entrada de insetos e dificultar a entrada da água da chuva.

A Figura 16 apresenta o desenho técnico da grade, de acordo com ficha técnica do produto ela reduz a área útil de ventilação permanente para $405,8\text{cm}^2$ (WDB, 2020). O abrigo possui 48cm de profundidade, a grade de ventilação é de sobrepor e avança $1,2\text{cm}$ na referida dimensão, reduzindo-a para $46,8\text{cm}$. Considerando que o botijão de 13kg de GLP possui diâmetro de 36cm , a instalação da grade de ventilação não interfere na acomodação do botijão ou nas manobras para sua substituição.

A ventilação permanente com área útil de 400cm^2 é suficiente para permitir que um possível vazamento de GLP escoe para o exterior do imóvel. Na Figura 17 pode-se observar a projeção de um anteparo com 10cm de altura. O objetivo do anteparo é conter que um possível vazamento de GLP alcance a área interna do imóvel. Além dos 10cm do anteparo soma-se 4cm referente ao batente inferior da portinhola corta fogo, aumentando a barreira para 14cm . O GLP, por ter maior

densidade que o ar, acumula-se junto ao piso e ao encontrar a ventilação permanente tende a ir para a área externa da edificação, dissipando-se na atmosfera.

Figura 16. Detalhe da grade de superfície para guarnecer a ventilação permanente

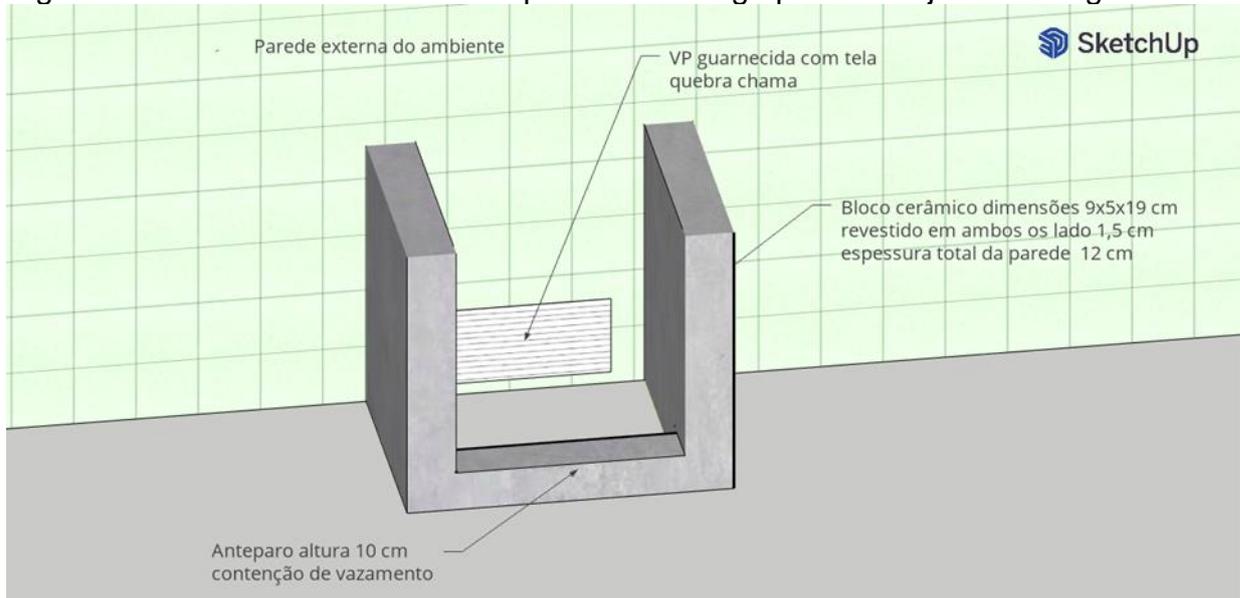


Fonte: WDB (2020).

Para garantir que o abrigo atenda ao TRRF de 2 horas optou-se por usar como material construtivo das paredes o bloco cerâmico maciço medindo 9x5x19cm. A espessura total de cada parede deve ser de 12cm, após o revestimento com espessura de 1,5cm em ambas as faces (CBMSC, 2014). Os traços para a argamassa de assentamento é 1:5 em proporção de volume de cal e areia respectivamente. Para a argamassa de revestimento o traço do chapisco é 1:3 em proporção de volume de cimento e areia respectivamente, e para o emboço é 1:2:9 em proporção de volume de cimento, cal e areia respectivamente (CBPMESP, 2019). Na Figura 17 pode-se observar mais detalhes da construção do abrigo.

Para a amarração do abrigo com parede existente faz-se necessária a remoção do revestimento para que a parede do abrigo seja embutida. Apesar de não haver transferência de esforços entre as paredes, a falha na amarração provoca o aparecimento de fissuras que influenciam na estanqueidade e no isolamento térmico.

Figura 17. Detalhes construtivos da parede do abrigo para o botijão de 13 kg de GLP

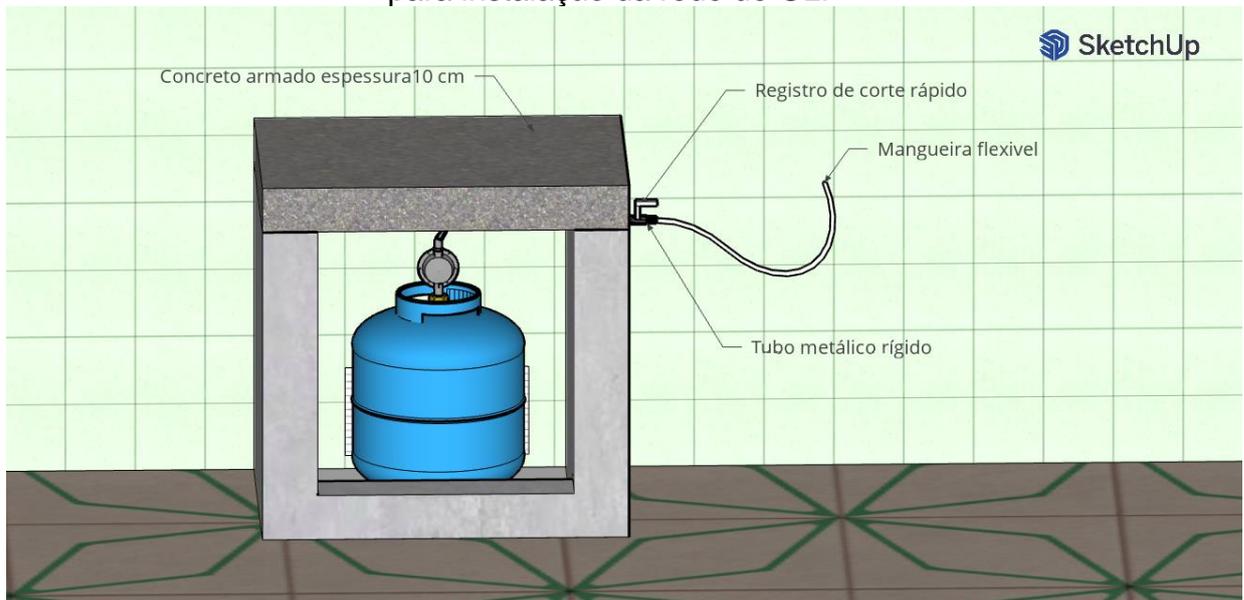


Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 18 apresenta, entre outros detalhes, o fechamento da parte superior do abrigo. A laje de concreto armado com f_{ck} 25 MPa, espessura de 10 cm e taxa de armadura de 80 kg/m^3 , garante a proteção por no mínimo 120 minutos referente à estanqueidade, isolamento térmico e estabilidade (BOLINA et al., 2015). A laje pode ser moldada por meio de forma apoiada no piso. Após a cura a laje deve ser unida com as paredes do abrigo. Para esta união recomenda-se argamassa de assentamento, com traço de 1:1:8, em proporção de volume de cimento, cal e areia respectivamente IT nº 09 CBPMESP (2019).

A abertura destinada à substituição do botijão de 13 kg de GLP deve ser revestida por portinhola corta fogo com TRRF de 120 minutos (P-120). Realizou-se uma pesquisa mercadológica para verificar a existência de empresas que fornecem portas sob medida. A empresa Authentic Portas Corta Fogo, especializada em portas corta fogo, encaminhou a proposta comercial do conjunto de porta corta fogo e acessórios. A proposta contempla a porta corta fogo P-120, folhas simples, medida especial, fabricada em chapa galvanizada, com batente nos quatro lados, fabricado em chapa nº 18, com reforço para trinco e três dobradiças que promovem o fechamento automático, conforme proposta comercial do Anexo A.

Figura 18. Fechamento superior do abrigo com laje em concreto armado e detalhes para instalação da rede de GLP



Fonte: Elaborado pelo autor

Na portinhola corta fogo optou-se por instalar tiras intumescentes para a vedação de portas, impedindo a passagem de fogo e fumaça. O Anexo B apresenta as informações do fabricante que alega que a tira, ao entrar em contato com temperaturas superiores a 200°C, se expande até 40 vezes, impedindo a entrada de fogo, fumaça e gases quentes pelas extremidades da porta.

4.3.3. Relação de materiais

Para execução do abrigo para botijão de 13 kg de GLP são necessários os seguintes materiais:

a) Laje

- 1 chapa de madeirite resinado;
- 1 tábuas brutas para caixaria medindo 2x10x300cm;
- 1 barra de aço CA 50 de 8mm;
- 0,05m³ de concreto com resistência característica fck 25 MPa.

b) Paredes

- 80 unidades de bloco cerâmico maciço medindo 9x5x19cm;
- 0,01m³ de chapisco, sendo 5kg de cimento e 15kg de areia média;
- 0,04m³ de argamassa para emboço, sendo 8kg de cimento, 15kg cal e 68kg de areia;
- 0,02m³ de argamassa para assentamento, sendo 8kg de cal e 38kg de areia.

c) Aberturas

- Conjunto de porta corta fogo P-120, folhas simples, medida especial, fabricada em chapa galvanizada, com batente nos quatro lados, fabricado em chapa nº 18, com reforço para trinco e três dobradiças que promovem o fechamento automático;
- 226 cm de tira intumescente para a vedação de portas CKC;
- Grade de ventilação de sobrepor 44x24cm.

5. Conclusão

5.1. Considerações finais

Este trabalho fez um breve histórico do gás liquefeito de petróleo e suas utilidades. Relatou-se o uso do GLP em botijão contendo 13 kg de gás nas residências de todo o Brasil. Apresentaram-se os riscos da instalação do recipiente de GLP no interior do apartamento associados ao vazamento e a instalação em ambientes sem ventilação adequada.

Pode-se constatar que em incêndios os equipamentos instalados junto ao piso, aquecem de forma mais lenta do que os instalados próximo ao teto. Constatou-se a eficiência das paredes de alvenaria e lajes de concreto armado no isolamento térmico, estanqueidade e estabilidade, para controlar a propagação do incêndio por determinado tempo de exposição.

Com as informações obtidas foram apontadas soluções técnicas para mitigar os riscos decorrentes da presença do botijão P-13 no interior do apartamento. A primeira delas é a retirada do botijão 13 kg de GLP e instalação de central externa. Caso não seja possível a execução da central, recomenda-se a construção de um abrigo no interior do apartamento para o botijão. O abrigo deverá ser estanque em relação ao apartamento, com TRRF mínima de duas horas e dispor de ventilação exclusivamente para o exterior.

5.2. Limitações

- a) A pandemia provocada pelo vírus SARS-CoV-2 causador da doença COVID-19, impediu a utilização do Laboratório de Experimentação em Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da UFSC;
- b) Não foi construído o abrigo para testar a viabilidade de instalação e manobras de substituição do botijão 13 kg de GLP no interior do abrigo;
- c) Falta de experimentos simulando vazamentos do GLP para atestar a eficácia da estanqueidade do abrigo em relação à cozinha;

- d) Falta de experimentos simulando vazamentos do GLP a fim de verificar se a ventilação permanente sugerida é adequada. Esta ventilação deve permitir o escoamento do GLP para o exterior com eficácia, mesmo em caso ruptura do bужão-fusível;
- e) Não foram realizadas simulações que reproduzem incêndios reais. Estes são necessários para aferir a eficácia do abrigo na neutralização dos riscos adicionais decorrentes do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento.

5.3. Sugestões para trabalhos futuros

Com objetivo de continuar na busca de solução para mitigar o risco associado à instalação do botijão 13 kg de GLP no interior do apartamento sugere-se:

- a) Ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina que oriente os proprietários de apartamentos com o botijão de 13 kg de GLP em seu interior, sobre os riscos adicionais decorrentes deste fato. Como medida de mitigação do risco pode-se orientar a construção do abrigo conforme especificação deste trabalho;
- b) À Divisão de Perícias de Incêndios e Explosões do CBMSC, a criação de uma rotina de coleta de dados e registro de incêndios em apartamentos onde tenha sido executado o abrigo para o botijão de 13 kg de GLP, fruto deste trabalho. Esta ação permite a aferição da efetividade da solução apontada neste trabalho;
- c) Para trabalhos futuros a construção do abrigo para testar a viabilidade de instalação e manobras de substituição do botijão de 13 kg de GLP no interior do abrigo;
- d) Para trabalhos futuros experimentos simulando vazamentos do GLP para atestar a efetividade da estanqueidade do abrigo em relação à cozinha;
- e) Para trabalhos futuros experimentos simulando vazamentos do GLP com diversas vazões para verificar a efetividade da ventilação permanente sugerida;

- f) Para trabalhos futuros a simulação de incêndio, expondo o abrigo de GLP às condições semelhantes ao incêndio real, a fim de comprovar na prática a eficácia do abrigo na neutralização dos riscos adicionais decorrentes do botijão de 13 kg de GLP no interior do apartamento.

Comprovada a eficácia da solução, fruto deste estudo, se terá os argumentos técnicos para adotar o abrigo interno em condomínios residenciais a serem construídos. Este estudo pode fornecer subsídio para alterações normativas na IN 08 do CBMSC (CBMSC, 2018), como alternativa à exigência da instalação exclusiva do GLP em centrais externas à edificação.

Referências

- ARBEX, Daniela. **Todo dia a mesma noite**. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2018.
- ABNT. **NBR 10636:1989** - Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 7 p.
- ABNT. **NBR 14432:2001** - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 14p.
- ABNT. **NBR 15575-1:2013** - Edificações habitacionais - desempenho - parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 71 p.
- ABNT. **NBR 13523:2019** - Central de gás liquefeito de petróleo - GLP. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 50 p.
- ABNT. **NBR 15526:2012 Versão Corrigida:2016** - Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais - projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a. 46 p.
- ABNT. **NBR 15200:2012** - Projeto de estruturas de concreto armado em situação de incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b. 48 p.
- ABNT. **NBR 13860:1997** - Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 1997a. 10 p.
- ABNT. **NBR 11707:1997** - Recipiente transportável para gás liquefeito de petróleo (GLP) - Bujões-fusíveis. Rio de Janeiro: ABNT, 1997b. 4p.
- BOLINA, F. L.; PRAGER, G. L.; RODRIGUES, E.; TUTIKIAN, B. F. Avaliação da resistência ao fogo de paredes maciças de concreto armado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 291-305, out./dez. 2015.
- BRAGA, George Cajaty; LISBOA NETO, Joaquim Pereira; SALAZAR, Helder de Farias. A Temperatura e Fluxo de Calor em Uma Situação de Incêndio e as Consequências para os Bombeiros. **FLAMMAE**, v. 2, p. 9-28, 2016.
- BRASIL. **Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília, 11 de setembro de 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm. Acesso em: 20 mar. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 13.425, de 30 de março de 2017**. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis nºs 8.078, de 11 de setembro de 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 – Código Civil; e dá outras providências. Brasília, 30 de março de 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13425.htm. Acesso em: 20 mar. 2021.
- BRENTANO, Telmo. **A proteção contra incêndios no projeto de edificações**. 3. ed. Porto Alegre: Edição do autor, 2015.
- CARDOSO, Luiz Antônio. **Prevenção de incêndios: uma retrospectiva dos primeiros anos de atividades técnicas em Santa Catarina**. Florianópolis: Papa-livro, 2014.
- CBPMESP (Estado). **Instrução Técnica Nº 09/2019**: Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. São Paulo: CBPMESP, 2019.

- CBMSC. **Diretriz de procedimento operacional permanente DtzPOP Nr 24.** Regula a atividade de investigação de incêndio e explosão no CBMSC. Cbmssc, 2017. Disponível em: https://dsci.cbm.sc.gov.br/images/arearestrita/Diretriz/DtzPOP_Nr_24-17-CmdoG.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.
- CBMSC. Normas de Segurança Contra incêndio. **IN 01 - PARTE 1. Procedimentos administrativos: processos gerais de segurança contra incêndio e pânico.** Publicada em: 18 dez. 2019. Vigente a partir de 17 fev. 2020. Florianópolis: CBMSC, 2019.
- CBMSC. Normas de Segurança Contra Incêndio. **IN 05. Edificações Existentes.** Publicada em 18 dez. 2019, vigente a partir de 17 fev. 2020. 2. ed. de 05 nov./2020. Florianópolis: CMBSC, 2020.
- CBMSC. **IN 008 - Instalação de gás combustível (GLP E GN).** Florianópolis, 2018. Publicada em: 31 jan. 2018, Alterada em: 23 jul. 2018. Florianópolis: CBMSC, 2018.
- CBMSC. Normas de Segurança Contra incêndios. **Instrução Normativa (IN 009/DAT/CBMSC) Sistema de saída de emergência.** Editada em: 28/03/2014. Alterada pela Nota Técnica nº 49, de 04/02/2020. Alterada pela Nota Técnica nº 51, de 17/02/2020. Florianópolis: CBMS, 2014.
- CBMSC. Normas de Segurança Contra incêndio. **IN 14 Compartimentação, tempo de resistência ao fogo e isolamento de risco.** Publicada em: 14 fev. 2020. Vigente a partir de 17 fev. 2020. 2. ed. 19 jun. 2020. Florianópolis: CBMSC, 2020.
- CORRÊA, C.; BRAGA, G. C.; JUNIOR, J. B.; RÊGO E SILVA, J. J.; TABACZENSKI, R.; PIRES, T. A. Incêndio em compartimento de residência na Cidade do Recife: Um estudo experimental. **ALCONPAT**, v. 7, p. 215-230, 2017.
- DANTAS NETO, Afonso Avelino; GURGEL, Alexandre. **Refino de petróleo e petroquímica** [slides]. Curso Refino. UFRN, 2005. Disponível em: http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/deq0370/curso_refino_ufrn-final_1.pdf. Acesso em: 09 abr. 2021.
- DRYSDALE, Dougal. **An introduction to fire dynamics.** 2nd ed. England: John Wiley & Sons Ltd, 1998.
- FERRARINI, Ana Carolina; MORANO, Rogerio Scabim; BARRICHELLO, Alcides. Fluxo de vasilhames de GLP P-13 entre diferentes empresas de um mercado. **GEPROS.** Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, ano 12, n. 4, p. 226-247, out-dez, 2017.
- LACERDA, Adriana; LEROUX, Tony; MORATA, Thais. Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. **Pró-Fono Revista de Atualização Científica**, Barueri (SP), v. 17, n. 3, p. 403-412, set./dez. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pfono/v17n3/v17n3a13>. Acesso em: 10 abr. 2021.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de pesquisa.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- LIQUIGÁS. **Manual de segurança para consumidores de GLP.** Petrobrás, 2016. Disponível em: <https://www.liquigas.com.br/wps/wcm/connect/1e91c4c0-9b8b-4861-9d57->

9d802e65f6ae/Manual_seguranca_Liquigas.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mc2-3UO&CVID=mc2-3UO&CVID=mc2-3UO&CVID=mc2-3UO. Acesso em: 09 abr. 2021.

- MOREIRA, Alessandro Márcio. **Segurança na utilização de gás liquefeito de petróleo**. 2015. 54 p. Trabalho de conclusão de Curso (Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Campo:SMS) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
- NEGRISOLO, Walter. **Arquitetando a segurança contra incêndio**. 2011. 415 p. Tese (Doutorado – Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP, São Paulo, 2011.
- ONO, Rosária. Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 97-113, jan./mar. 2007.
- PETROBRAS. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ**. Produto: GLP. nº FISPQ: BR0401. Petrobrás, 2019. v. 9.
- SANTA CATARINA. **Constituição do Estado de Santa Catarina de 1989**. Florianópolis, em 05 de outubro de 1989. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/constituicao_estadual_1989.html. Acesso em: 20 mar. 2021.
- SANTA CATARINA. **Lei nº 5.190, de 28 de novembro de 1975**. Altera e dá nova redação aos artigos 1º, 5º e 6º da Lei 5.050, de 14 de agosto de 1974, e estabelece outras providências. Florianópolis, 28 de novembro de 1975. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/1975/5190_1975_Lei.html. Acesso em: 20 mar. 2021.
- SANTA CATARINA. **Lei nº 16.157, de 7 de novembro de 2013**. Dispõe sobre as normas e os requisitos mínimos para a prevenção e segurança contra incêndio e pânico e estabelece outras providências. Florianópolis, 7 de novembro de 2013. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2013/16157_2013_Lei.html. Acesso em: 20 mar. 2021.
- SANTOS, Bruno Ricardo Coutinho dos. **Um panorama sobre a evolução do mercado de gás liquefeito de petróleo e sua contribuição ao cenário energético brasileiro**. 2016. TCC (Graduação Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.
- SEITO, Alexandre Itiu; GILL, Alfonso Antonio; SILVA, Silvio Bento; PANNONI, Fabio Domingos; ONO, Rosária; CARLO, Ualfrido Del; SILVA, Valdir Pignatta e. **A segurança contra incêndio no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Projeto Editora, 2008.
- SERV GAS. **GLP – Gás Liquefeito de Petróleo. o que é?** - Tabela Poder calorífico do GLP em relação a outros combustíveis. [site institucional]. Guarulhos: SERV GAS, 2019. Disponível em: <http://www.servgas.com/glp.html>. Acesso em: 16 jun. 2019.
- SOUZA, Maurício de. **Incêndios relacionados com GLP em edificações unifamiliares**. 2019. Artigo (Pós-Graduação nível Especialização em Perícia em Incêndio e Explosão) –Centro de Ensino Bombeiro Militar, Florianópolis, 2019.
- TELLES, Carlos Queiroz; HUMBERG, Fábio; HUMBERG, Mario Ernesto; FRANÇA, Renato. **Os Pioneiros GLP - Meio Século de História**. 2. ed. São Paulo: CL-Comunicações, 1990.

WDB. **Grades de superfície 44x24 cm.** [fichas técnicas]. 2020. Disponível em: <http://wdbmanager.wdbnet.com/Sistema/FichasTecnicas/83adbac3d5604672b8a786d687e182e1.pdf>. Acesso em 21 mar. 2021.

Anexo A – Proposta de fornecimento de porta corta fogo e acessórios



AALC09-PROPOSTA COMERCIAL
REVISÃO 08 – Mar/20
Orçamento: F 003/21 :23/03/2021.
Pág. 1

São Paulo, 23 de março de 2021.

À
CBM

Att.: Jailson - FONE () – E-MAIL: Godinho@cbm.sc.gov.br

OBRA:

REF.: PROPOSTA DE FORNECIMENTO DE PORTA CORTA FOGO E ACESSÓRIOS:

Nossas portas corta fogo, tem 5 anos de garantia contra defeito de fabricação, CERTIFICADA PELA NBR 11742, através da ABNT e IPT.

Nossa empresa tem mais de 15 anos de atividade e prima por qualidade, beleza e segurança. Nosso produto é de alta qualidade. Somos pioneiros em acabamentos diferenciados, que trazem benefício de imagem ao empreendimento, veja se não seria viável instalar no térreo e outros andares de grande fluxo, portas com ACABAMENTO EM INOX, OU MADEIRA.

A **Authentic Portas Corta Fogo** é uma empresa especializada em portas corta fogo e acessórios, que atua no mercado com responsabilidade e compromisso com a qualidade, no que se refere a segurança de ambientes e patrimônios nas diversas áreas onde atuamos. Nosso objetivo é poder oferecer um serviço diferenciado, gerando satisfação, investimento seguro e econômico que atenda à seguinte norma técnica:

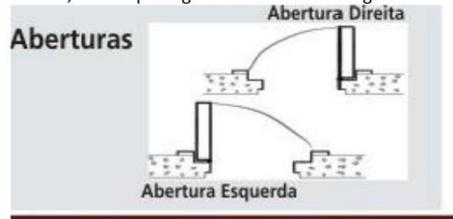
“NBR 11.742 – As portas corta fogo devem possuir selo identificador do fabricante com dados do órgão certificador, que comprove o tempo de resistência ao fogo, P60 OU P90. Devem possuir 3 dobradiças com dispositivo que a feche automaticamente, trinco ou barra anti-pânico que a mantenha fechada no batente para impedir que a fumaça e o fogo abram a porta e invadam a rota de fuga dos usuários do edifício.”

*** CONHEÇA-NOS E SAIBA PORQUE NOS ESCOLHER!**

VISITE NOSSO SITE WWW.AUTHENTICPCF.COM.BR E VEJA NOSSA GAMA DE PRODUTOS COM TODOS OS ACESSÓRIOS E PRODUTOS PARA DEIXAR O AMBIENTE TOTALMENTE SEGURO CONTRA INCENDIO. CONTAMOS TAMBÉM COM SERVIÇO DE ATENDIMENTO PARA EMISSÃO DE AVCB E AVS.

Segue abaixo a descrição dos serviços que serão realizados por técnicos qualificados, solicitados por V.Sas, onde teremos o prazer em atendê-lo conforme vossa necessidade.

Para dar continuidade ao processo de produção, será necessária verificação do projeto e constatar os lados de abertura, vão luz, vão de passagem necessário e código da tinta.



ESCLARECIMENTOS,

VÃO OSSO: VÃO DE ALVENARIA OU SEJA, (O BURACO NA PAREDE).

VÃO LUZ: É O VÃO APÓS A PORTA INSTALADA, VÃO DE PASSAGEM.

AUTHENTIC PORTAS CORTA FOGO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
Rua Joaquim Nunes Teixeira, 106 – Vila Plana – S.P. – **FONE/FAX: 3058-4300**
e-mail: site@authenticpcf.com.br www.authenticpcf.com.br



AALC09-PROPOSTA COMERCIAL
REVISÃO 08 – Mar/20
Orçamento: F 003/21 :23/03/2021.
Pág. 2

“BATENTE PARA ALVENARIA”

QTDE.:	DESCRIÇÃO:	LOCAL/ MEDIDA:	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL:
01	<p>Conjunto de Portas Corta Fogo P120 FOLHAS SIMPLES MEDIDA ESPECIAL - FABRICADA EM CHAPA GALVANIZADA acompanha, BATENTE 4 LADOS FABRICADO EM CHAPA Nº 18 com REFORÇO PARA TRINCO SEM CHAVE e TRES DOBRADIÇAS QUE PROMOVEM O FECHAMENTO AUTOMÁTICO (NÃO PRECISA DE MOLA AÉREA)</p> <p>Miolo em manta cerâmica (porta leve não compromete a alvenaria) – Acabamento em chapa Galvanizada.</p> <p>NÃO ACOMPANHA SELO DE CERTIFICAÇÃO .DEVIDO AS MEDIDAS SEREM FORA DAS NORMAS</p>	<p>BAT. 600 X 560 FOL. 590 X 540</p>	R\$ 1.750,00	R\$ 1.750,00
01	<p>PRÉ- MONTAGEM DE FOLHAS E FERRAGENS CONSISTE NA MONTAGEM DE BATENTE + FOLHA + FERRAGENS + EMBALAGEM PARA TRANSPORTE.FRETE</p>	Simples	R\$ 180,00	R\$ 180,00
01	FRETE – SOB CONSULTA		SOB CONSULTA	SOB CONSULTA
	VALOR TOTAL			R\$ 1.930,00

OBSERVAÇÕES:

“ SOMENTE COM OS DADOS DE FATURAMENTO PARA SABERMOS SE HAVERÁ COBRANÇA DE DIFAL E ST (ICMS)”.

- **NÃO INCLUI INSTALAÇÃO POSTO OBRA;**
- **NÃO INCLUI ART;**
- **NÃO INCLUI FRETE ;**
- **CJ SEGUE MONTADO E EMBALADO ;**
- **EMPRESA OPTANTE PELO SIMPLES;**

CONDIÇÕES GERAIS:

Condições de Pagamento: SINAL E 28 DIAS / CLIENTE RETIRA

Prazo de Entrega: DE 07 Á 10 DIAS UTÍIS

AUTHENTIC PORTAS CORTA FOGO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
Rua Joaquim Nunes Teixeira,106 – Vila Plana – S.P. –
e-mail: site@authenticpcf.com.br

FONE/FAX: 3058-4300
www.authenticpcf.com.br



AALC09-PROPOSTA COMERCIAL
 REVISÃO 08 – Mar/20
 Orçamento: F 003/21 :23/03/2021.
 Pág. 3

Garantia:

Portas com 05 anos contra defeito de fabricação
 Ferragens com 01 ano contra defeito de fabricação
 Serviços: 90 dias a contar da data de instalação.

VALIDADE DA PROPOSTA: 07 DIAS

Fabiana – Dpto. Técnico – comercial – S.P. ☎ (55) 11 3058-4300 / RAMAL: 200 / 98092-6262



AUTHENTIC PORTAS CORTA FOGO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
 Rua Joaquim Nunes Teixeira, 106 – Vila Plana – S.P. –
 e-mail: site@authenticpcf.com.br

FONE/FAX: 3058-4300
www.authenticpcf.com.br

Anexo B – Catálogo CKC tiras intumescentes para portas

TIRAS INTUMESCENTES PARA PORTAS



DESCRIÇÃO GERAL DO PRODUTO

As tiras intumescentes CKC® são utilizadas para a proteção passiva contra incêndio, sendo usadas na vedação de portas e vãos, impedindo a passagem de fogo e fumaça (nas opções que possuem cerdas) para outros ambientes. A aplicação das tiras, ao redor das portas corta fogo, aumenta o desempenho das portas e reduz a distorção dos painéis pelo calor durante um incêndio.



ADEQUADA PARA PORTAS CORTA FOGO

As Tiras Intumescentes CKC®, quando aplicadas em portas corta fogo, conferem as propriedades de vedação aos gases quentes e fumaça, conforme itens 3.5 e 3.6 da NBR 11.742.

NBR 11.742 – Porta Corta Fogo para Saídas de Emergência
As portas corta fogo designadas com um "F" adicional (ex: PF-120), também são à prova de fumaça.

BENEFÍCIOS NA ESCOLHA DA TIRA INTUMESCENTE CKC®

- A intoxicação pelos gases (fumaças) é a principal causa de mortes em incêndios. As tiras intumescentes CKC reduzem os riscos de intoxicação, ao evitar a passagem do fogo e fumaça pelas frestas e vãos das portas.
- A aplicação das tiras intumescentes CKC, ao redor das portas corta fogo, é capaz de aumentar em até 1 hora o desempenho das portas e reduzir a distorção dos painéis pelo calor durante um incêndio.
- Redução nos valores despendidos com as apólices de seguros e resseguros.



**RESISTENTE
À UMIDADE**



FÁCIL APLICAÇÃO E MANUSEIO

Ao entrar em contato com temperaturas superiores a 200°C, a tira se expande por múltiplas vezes, impedindo a entrada de fogo, fumaça e gases quentes pelas extremidades da porta.

AS TIRAS INTUMESCENTES MAIS UTILIZADAS NO MUNDO.

EXPANSÃO DE
40X
O TAMANHO
INICIAL



DETALHES E ESPECIFICAÇÃO DAS TIRAS INTUMESCENTES (Aplicação Autoadesiva*):

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	REF.	ESPESSURA (mm)	LARGURA (mm)	COMPRIMENTO (m)	ADESIVO DUPLA FACE	RESISTE A 1000°C	TEMPO DE RESISTÊNCIA A FOGO	NORMAS ATENDIDAS	QTDE.	QTDE. MÍN. POR PEDIDOS	COR
TIRA INTUMESCENTE PARA PORTAS	CKC B1512-255	1,50	12	25 (rolo)	SIM	SIM	N/D	ASTM E84	9 rolos	2cxs.	Cinza Escuro (Grafite)
TIRA INTUMESCENTE PARA PORTAS	CKC INFS-A2010S	2	10	2,10	SIM	SIM	N/D	ASTM E84	220 tiras	1 Tubo	Cinza Escuro (Grafite)
TIRA INTUMESCENTE PARA PORTAS	CKC INFS-A2020S	2	20	2,10	SIM	SIM	N/D	ASTM E84	100 tiras	1 Tubo	Cinza Escuro (Grafite)

*Prontas para serem aplicadas em qualquer porta. Espessura mínima e adequada para aplicação em vãos de portas comuns.

DETALHES E ESPECIFICAÇÃO DAS TIRAS INTUMESCENTES (Aplicação Embutida*):

DESCRIÇÃO DO PRODUTO	REF.	ESPESSURA (mm)	LARGURA (mm)	COMPRIMENTO (m)	ADESIVO DUPLA FACE	RESISTE A 1000°C	TEMPO DE RESISTÊNCIA A FOGO	NORMAS ATENDIDAS	QTDE.	QTDE. MÍN. POR PEDIDOS	COR
TIRA INTUMESCENTE DE EMBUTIR EM PVC 30 MIN (TRF)	CKC CIS 14/30	4	10	2,10	NÃO	SIM	30 min	BS 476	100 tiras	1 Tubo	Marron ou Branco
TIRA INTUMESCENTE DE EMBUTIR EM PVC 60 MIN (TRF)	CKC CIS15/60	4	15	2,10	NÃO	SIM	60 min	BS 476	100 tiras	1 Tubo	Marron ou Branco

*Podem ser embutidas no batente ou na aresta da porta. Todas as tiras possuem as opções com ou sem cerdas que impedem a passagem de fumaça (smoke brush). Em portas corta fogo com vão superior a 6mm, esta tira pode ser aplicada sem a necessidade de embuti-la.

CONSULTE TAMBÉM TINTAS INTUMESCENTES PARA PORTAS CORTA FOGO P-30 E P-60

INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO:

1. Certifique-se, antes de aplicar a tira intumescente, que a superfície esteja seca e limpa (livre de sujeira, graxa e umidade).
2. Recorte a tira com um estilete ou uma tesoura profissional, para o comprimento exato da superfície a ser aplicada.
3. Retirar o protetor do autoadesivo à medida que for colando a tira na porta.
4. Aplique as tiras sob medida, nas 3 superfícies em torno das batentes da porta ou diretamente nas arestas da porta.
5. Na fechadura da porta, não se faz necessária a aplicação da tira. Nas dobradiças das portas, a tira pode ser aplicada sobre a mesma.
6. Após a instalação da tira, utilize um pano limpo seco e pressione com força sobre toda a superfície da tira.
7. Após a aplicação, é possível pintar a tira na cor desejada, para um acabamento estético uniforme. Utilize pincel, rolo ou spray airless para aplicar tinta acrílica ou PVA sobre a tira intumescente. Necessário mínimo de 2 demãos.



Empresa associada à:



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Associado



Membro



CKC DO BRASIL LTDA.

Rua das Rosas, 300 – Bairro Mirandópolis
São Paulo, SP – CEP: 04048-000
Fone +55 (11) 5584-6380
+55 (11) 5595-8828

Conheça o nosso site: www.ckc.com.br
Mais informações: info@ckc.com.br