

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial

GEOVANA PIRES ARAUJO LIMA

**MODELO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DAS FASES
DE PROJETO INFORMACIONAL E CONCEITUAL DE
SOLUÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIOS EM ESTRUTURAS**

GEOVANA PIRES ARAUJO LIMA

**MODELO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DAS FASES
DE PROJETO INFORMACIONAL E CONCEITUAL DE
SOLUÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIOS EM ESTRUTURAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientadora: Prof^a Dr^a Josiane Dantas Viana Barbosa
Coorientador: Prof^o Dr^o Juliano Zaffalon Gerber

Salvador

2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

L732m Lima, Geovana Pires Araújo

Modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em estruturas / Geovana Pires Araújo Lima. – Salvador, 2023.

174 f. : il. color.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Josiane Dantas Viana Barbosa.

Coorientador: Prof. Dr. Juliano Zaffalon Gerber.

Tese (Doutorado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2023.

Inclui referências.

1. Incêndio. 2. Proteção. 3. Combate a incêndio. 4. Processo de desenvolvimento de produto. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Barbosa, Josiane Dantas Viana. III. Gerber, Juliano Zaffalon. IV. Título.

CDD 658.575

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC**Doutorado em Gestão e Tecnologia Industrial**

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Doutorado, intitulada “**Modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em estruturas**” apresentada no dia 10 de março de 2023, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Doutora em Gestão e Tecnologia Industrial.

Assinado eletronicamente por:
Josiane Dantas Viana
CPF: ***.515.704-**
Data: 16/03/2023 04:49:21 -07:00

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Josiane Dantas Viana Barbosa
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Juliano Zaffalon Gerber
CPF: ***.335.390-**
Data: 13/03/2023 08:30:42 -03:00

Coorientador:

Prof. Dr. Juliano Zaffalon Gerber
UESC

Assinado eletronicamente por:
Valter Estevão Beal
CPF: ***.452.669-**
Data: 13/03/2023 08:34:12 -03:00

Membro Interno:

Prof. Dr. Valter Estevão Beal
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Alex Álisson Bandeira Santos
CPF: ***.191.765-**
Data: 13/03/2023 08:42:57 -03:00

Membro Interno:

Prof. Dr. Alex Álisson Bandeira Santos
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Valéria Bennack
CPF: ***.335.159-**
Data: 16/03/2023 09:34:35 -03:00

Membro Externo:

Profa. Dra. Valéria Bennack
UFSC

Assinado eletronicamente por:
Cristiano Vasconcellos Ferreira
CPF: ***.867.289-**
Data: 13/03/2023 08:27:21 -03:00

Membro Externo:

Prof. Dr. Cristiano Vasconcellos Ferreira
UFSC

*Dedico este trabalho à minha avó, Albertina Pires in
memoriam*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela dádiva da vida, por me fortalecer, guarnecer e colocar no meu caminho situações e as pessoas necessárias para este sonho se tornar possível. Algumas destas pessoas são minha orientadora Josiane Dantas Viana Barbosa, meu coorientador Juliano Zaffalon Gerber e o professor Cristiano Vasconcellos Ferreira. Agradeço infinitamente por todo apoio, orientação, conhecimento compartilhado, motivação e amizade. Vocês tornaram esta travessia muito mais leve e de muito aprendizado, me inspiro em vocês, são exemplos de profissionais e seres humanos para mim, muito obrigada por tudo.

Agradeço também minha família e amigos, especialmente minha mãe Ana Rita Pires Araujo, meu pai Carlos Maurício Cruz Dias Lima, e meus irmãos Daniel Pires Araujo Lima e Aline Pires Araujo Lima, por sempre estarem ao meu lado, por acreditarem em mim e por me fornecerem todo o suporte que preciso.

Agradeço ao Centro Universitário SENAI CIMATEC por toda infraestrutura disponibilizada, pelo excelente corpo docente e profissionais do administrativo, que sempre tiveram a maior dedicação para compartilhar o conhecimento e solucionar os problemas.

Agradeço à SFPE, especialmente ao Márcio Ferreira pelo apoio e disponibilização das informações da área que foram de grande importância para a construção do trabalho.

Por fim, agradeço o suporte financeiro da FAPESB por meio de uma bolsa que ajudou muito para o desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

Os incêndios podem provocar perdas imensuráveis tanto para os seres vivos quanto para os bens materiais, podem acometer estruturas, florestas, vegetações rasteiras, veículos e outros ambientes, sendo as estruturas, o local de maior incidência de incêndio. Desta forma, é fundamental dirimir sua ocorrência, ou em caso de sinistro, atuar de maneira efetiva para suprimi-lo imediatamente. Sendo assim, é necessário investir em medidas de prevenção e proteção. A concepção de soluções efetivas de combate a incêndio, perpassa pelo processo de desenvolvimento de produtos, que de uma forma estruturada e sistemática, possibilita a construção de soluções adequadas para a resolução dos problemas, induz a inovação, favorecendo os atendimentos aos objetivos organizacionais e a sociedade. Assim, a presente pesquisa tem como objetivo propor um modelo de apoio que oriente o projeto informacional e conceitual para o desenvolvimento de soluções de combate a incêndio em estruturas. O termo estrutura refere-se à instalação residencial, serviços de hospedagem, comercial varejista, serviços profissionais, pessoais e técnicos, educacional e cultura física, locais de reunião pública, serviços automotivos, serviços de saúde e institucionais industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista e depósitos. Para a proposição da metodologia foram realizadas quatro estratégias: i) análise estruturada e crítica sobre os possíveis caminhos para a realização da segurança contra incêndio, a partir de estudos de caso e revisão da literatura; ii) realização de entrevistas e aplicação de questionários com especialistas para levantamento das principais necessidades da área; iii) adaptação de ferramentas de projetos, a partir de questionamentos direcionados à área; e, iv) aplicação do modelo desenvolvido. Com base nestas estratégias, os conhecimentos gerados foram organizados e sistematizados, gerando o modelo proposto. Este modelo foi apresentado para especialistas da área e foi executado por três grupos: alunos de iniciação científica, graduandos da Engenharia Química e profissionais de uma empresa de tecnologia. Para analisar as três rodadas de avaliação do modelo, os participantes foram consultados a partir de um questionário, quanto aos critérios de: aplicabilidade, clareza gráfica, rigor da representação, completeza, robustez, reusabilidade e eficiência econômica. Em que foi verificado que modelo proposto atende aos referidos critérios.

Palavras-chave: Incêndio; proteção; combate a incêndio; processo de desenvolvimento de produto; modelo de referência.

ABSTRACT

MODEL TO SUPPORT THE DEVELOPMENT OF THE INFORMATIONAL AND CONCEPTUAL PROJECT PHASES OF FIRE FIGHTING SOLUTIONS IN STRUCTURES

Fires can cause immeasurable losses for both living beings and material goods, they can affect structures, forests, undergrowth, vehicles, and other environments, with structures being the place with the highest incidence of fire. In this way, it is essential to resolve its occurrence, or in the event of an accident, act effectively to suppress it immediately. Therefore, it is necessary to invest in prevention and protection measures. The design of effective firefighting solutions permeates the product development process, which in a structured and systematic way, enables the construction of adequate solutions for solving problems, induces innovation, favoring the fulfillment of organizational objectives and the society. Thus, the present research aims to propose a support model that guides the informational and conceptual design for the development of firefighting solutions in structures. The term structure refers to residential facility, lodging services, retail commercial, professional, personal and technical services, educational and physical culture, public meeting places, automotive services, healthcare and institutional services industrial, medium and high-risk commercial, wholesaler and warehouses. To propose the methodology, four strategies were carried out: i) structured and critical analysis of the possible ways to achieve fire safety, based on case studies and literature review; ii) conducting interviews and applying questionnaires with specialists to survey the main needs of the area; iii) adaptation of project tools, based on questions directed at the area; and, iv) application of the developed model. Based on these strategies, the generated knowledge was organized and systematized, generating the proposed model. This model was presented to specialists in the field and was executed by three groups: scientific initiation students, chemical engineering graduates and professionals from a technology company. To analyze the three model evaluation rounds, the participants were consulted using a questionnaire, regarding the following criteria: Applicability, Graphic Clarity, Accuracy of Representation, Completeness, Robustness, Reusability and Economic Efficiency. In which it was verified that the proposed model meets the aforementioned criteria.

.Keywords: Fire; protection; firefighting; product development process; reference model.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Enquadramento metodológico da pesquisa	25
Quadro 2- Objetivos específicos e métodos empregados	26
Quadro 3- Modelos de referência específicos	31
Quadro 4- Detalhamento das atividades, tarefas e métodos do projeto informacional.....	34
Quadro 5- Detalhamento das atividades, tarefas e métodos do projeto conceitual.....	37
Quadro 6- Regulamento de cada Estado Brasileiro sobre a Segurança Contra Incêndio	42
Quadro 7- Normas dos principais produtos de segurança contra incêndio.....	43
Quadro 8- Vantagens e desvantagens dos códigos de caráter prescritivo.....	45
Quadro 9- Vantagens e desvantagens dos regulamentos baseados em desempenho	46
Quadro 10- Constatações do referencial teórico.....	49
Quadro 11- Detalhamento das atividades, tarefas e métodos empregados no projeto informacional.....	51
Quadro 12- Detalhamento das atividades, tarefas e métodos empregados no projeto conceitual.....	52
Quadro 13- Etapas do desenvolvimento da solução para prédios históricos	54
Quadro 14- Desafios encontrados no desenvolvimento do projeto informacional e conceitual nos estudos de caso.....	57
Quadro 15- Contribuições do modelo proposto.....	60
Quadro 16- Nível Básico de Segurança Contra Incêndio	64
Quadro 17- Nível Intermediário de Segurança Contra Incêndio	65
Quadro 18- Nível Avançado de Segurança Contra Incêndio.....	66
Quadro 19- Lista de tarefas para a análise do sistema-problema.....	69
Quadro 20- Elaboração da questão norteadora	69
Quadro 21- Questionário para identificação das principais interfaces do problema	70
Quadro 22- Matriz SWOT.....	71
Quadro 23- Principais soluções de combate a incêndio e suas vantagens e desvantagens	72
Quadro 24- Objetivo do projeto da solução de combate a incêndio	73
Quadro 25- Tarefas da etapa de definição das fases do ciclo de vida.....	73
Quadro 26- Orientação para a análise do ciclo de vida do produto	74
Quadro 27- Principais necessidades dos clientes em função da fase do ciclo de vida.....	77
Quadro 28- Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio.....	80
Quadro 29- Apoio a conversão da voz do cliente em requisitos de projeto.....	82
Quadro 30- Quadro de especificações de projeto de combate a incêndio	83
Quadro 31- Exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio	84
Quadro 32- <i>Check-list</i> para verificação da fase de projeto informacional da solução de combate a incêndio	91
Quadro 33- Funções relacionadas aos princípios inventivos da TRIZ, estudo de caso e normas brasileiras	96
Quadro 34- Questões aplicadas para avaliação da sistemática	105
Quadro 35- Perfil dos participantes	108
Quadro 36- Estrutura da aplicação e avaliação da sistemática em ambiente acadêmico	110

Quadro 37- Estrutura da aplicação e avaliação da sistemática em projeto de Iniciação Científica	118
Quadro 38- Estrutura da aplicação e avaliação da sistemática em ambiente profissional	125
Quadro 39- Aspectos positivos e pontos de melhoria da sistemática proposta segundo os participantes	134
Quadro 40- Vantagens e desvantagens do modelo proposto segundo os especialistas e participantes.....	139
Quadro 41- Estratégia de busca na literatura.....	148
Quadro 42- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação residencial	158
Quadro 43- Descrição das principais causas de incêndio de acordo o UFSA (2020).....	159
Quadro 44- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação serviços de hospedagem.....	161
Quadro 45- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação comercial varejista	162
Quadro 46- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação serviços profissionais pessoais e técnicos	163
Quadro 47- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação educacional e cultura física .	164
Quadro 48- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação locais de reunião pública.....	165
Quadro 49- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação serviços automotivos.....	167
Quadro 50- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação serviços de saúde e institucionais.....	168
Quadro 51- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista.....	169
Quadro 52- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação depósito.....	170

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Número de incêndios em 39 países.....	16
Figura 2- Distribuição dos tipos de incêndio em 2017	17
Figura 3- Atividades do projeto informacional	33
Figura 4- Atividades do projeto conceitual	36
Figura 5- Sistema de segurança contra incêndio	38
Figura 6- Sistema de proteção ativa	39
Figura 7- Distribuição dos Incêndios residenciais nos Estados Unidos.....	40
Figura 8- Ilustração da solução desenvolvida na empresa X.....	53
Figura 9- Ilustração da solução concebida.....	56
Figura 10- Adaptações ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) tradicional	59
Figura 11- Visão geral do modelo proposto	61
Figura 12- Fluxograma da Segurança Contra Incêndio	63
Figura 13- Hierarquização das normas regulamentadoras de combate a incêndio	64
Figura 14- Etapas para execução do projeto informacional e projeto conceitual	67
Figura 15- Etapas do projeto informacional de soluções de combate a incêndio	68
Figura 16- Fases do ciclo de vida e seus clientes	73
Figura 17- Mapeamento e classificação das necessidades de acordo com os especialistas	76
Figura 18- Restrições relacionadas aos sistemas de combate a incêndio	79
Figura 19- Mapa mental sobre a TRIZ	84
Figura 20- Etapas do projeto conceitual de soluções de combate a incêndio	94
Figura 21- Estrutura da função global	95
Figura 22- Estrutura da Síntese Funcional.....	96
Figura 23- Exemplo de uma matriz morfológica.....	100
Figura 24- Matriz morfológica	102
Figura 25- Procedimento de avaliação da sistemática	104
Figura 26- Procedimento de avaliação do modelo	107
Figura 27- Distribuição semestral dos participantes do ambiente acadêmico	109
Figura 28- Perfil do respondente do ambiente acadêmico: Experiência com sistemas de proteção a incêndio.	111
Figura 29- Perfil do respondente do ambiente acadêmico: Experiência em desenvolvimento de produtos	111
Figura 30- Perfil do respondente do ambiente acadêmico: Experiência acadêmica	112
Figura 31- Aplicação da sistemática em ambiente acadêmico	117
Figura 32- Perfil do respondente de Iniciação Científica: Experiência com sistemas de proteção a incêndio.	119
Figura 33- Perfil do respondente de Iniciação Científica: Experiência em desenvolvimento de produtos	120
Figura 34- Perfil do respondente de Iniciação Científica: Experiência acadêmica	120
Figura 35- Aplicação da sistemática com os alunos de iniciação científica	124

Figura 36- Perfil do respondente do ambiente profissional: Experiência com sistemas de proteção a incêndio.	126
Figura 37- Perfil do respondente do ambiente profissional: Experiência em desenvolvimento de produtos	127
Figura 38- Perfil do respondente do ambiente profissional: Experiência acadêmica	127
Figura 39- Aplicação da sistemática em ambiente profissional.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultado referente as questões de aplicabilidade (ambiente acadêmico).....	112
Tabela 2- Resultado referente à clareza gráfica e ao rigor da apresentação (ambiente acadêmico)	114
Tabela 3- Resultado referente a completeza (ambiente acadêmico).....	115
Tabela 4- Resultado referente a robustez e reusabilidade (ambiente acadêmico)	115
Tabela 5- Resultado referente a eficiência econômica (ambiente acadêmico)	116
Tabela 6- Resultado referente ao modelo de forma geral (ambiente acadêmico).....	116
Tabela 7- Resultado referente as questões de aplicabilidade (iniciação científica).....	121
Tabela 8- Resultado referente a clareza gráfica e rigor da apresentação (iniciação científica)	122
Tabela 9- Resultado referente a completeza (iniciação científica)	122
Tabela 10- Resultado referente a robustez e reusabilidade (iniciação científica).....	123
Tabela 11- Resultado referente a eficiência econômica (iniciação científica).....	123
Tabela 12- Resultado referente ao modelo de forma geral (iniciação científica)	124
Tabela 13- Resultado referente as questões de aplicabilidade (ambiente profissional).....	128
Tabela 14- Resultado referente a clareza gráfica e rigor da apresentação (ambiente profissional).....	129
Tabela 15- Resultado referente a completeza (ambiente profissional)	130
Tabela 16- Resultado referente a robustez e reusabilidade (ambiente profissional).....	130
Tabela 17- Resultado referente a eficiência econômica (ambiente profissional)	131
Tabela 18- Resultado referente ao modelo de forma geral (ambiente profissional)	131
Tabela 19- Avaliação dos especialistas para o grupo de residencial	160
Tabela 20- Avaliação dos especialistas para o grupo de serviços de hospedagem.....	161
Tabela 21- Avaliação dos especialistas para o grupo comercial varejista	162
Tabela 22- Avaliação dos especialistas para o grupo serviços profissionais, pessoais e técnicos	163
Tabela 23- Avaliação dos especialistas para o grupo educacional e cultura física	164
Tabela 24- Avaliação dos especialistas para o grupo locais de reunião pública.....	166
Tabela 25- Avaliação dos especialistas para o grupo serviços automotivos.....	167
Tabela 26- Avaliação dos especialistas para o grupo serviços de saúde e institucionais.....	168
Tabela 27- Avaliação dos especialistas para o grupo industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista	169
Tabela 28- Avaliação dos especialistas para o grupo depósitos	171

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

CTIF- International Technical Committee for the Prevention and Extinction of Fire

Embrapii-Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial

Finep- Financiadora de Estudos e Projetos

FM – Factory Mutual (Mútuo de Fábrica)

FPMSCI- Parlamentar Mista de Segurança Contra Incêndio

INMETRO- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IPC- Classificação Internacional de Patentes

IT – Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros

NBR- Norma Brasileira

NFPA- National Fire Protection Association

OCP- Organismos de Certificação de Produtos

PDP - Processo de desenvolvimento de produtos

QFD-Quality Function Deployment (Desdobramento da função Qualidade)

SCI- Segurança Contra Incêndio

TRIZ-Theory of Inventive Problem Solving (Teoria da Solução Inventiva de Problemas)

UL – Underwriters Laboratories (Laboratórios de Subscritores)

USFA-United States Fire Administration (Administração de Incêndios dos Estados Unidos)

SUMÁRIO

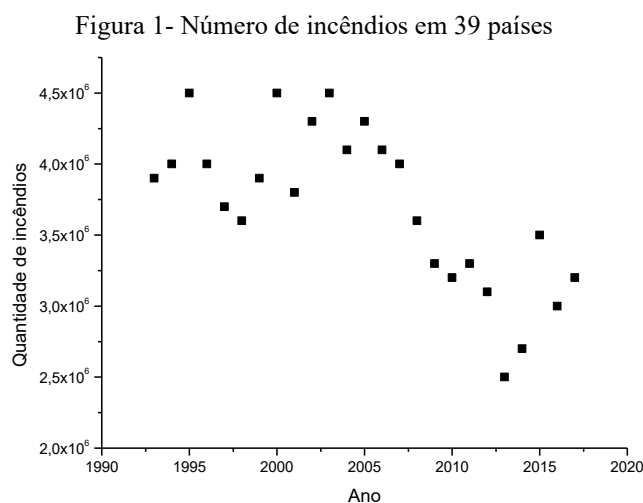
1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Limitações da Segurança Contra Incêndio no Brasil	18
1.2	Delimitação do escopo da pesquisa	20
1.3	Objetivos	22
1.4	Contribuições Esperadas.....	23
1.5	Estrutura da tese	23
2	Materiais e Métodos.....	25
2.1	Descrição de estudos de caso sobre o desenvolvimento de soluções para combate a incêndio .26	
2.2	Construção de um fluxograma esquemático, que indica possíveis caminhos para a realização da Segurança Contra Incêndio.....	27
2.3	Realização de entrevistas e aplicação de questionários para levantamento das principais necessidades da área, segundo os especialistas	27
2.4	Proposição de um modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em estruturas.....	27
2.5	Aplicação de Workshop para grupos de interesse	28
3	Revisão da literatura.....	29
3.1	Processo de desenvolvimento de produtos	29
3.2	Segurança Contra Incêndio.....	38
3.3	Considerações Finais do referencial teórico	49
4	Estudos de Casos.....	51
4.1	Estudo de caso 1: Empresa X	51
4.2	Estudo de caso 2: Sistemas de combate a incêndio em prédios históricos	53
4.3	Considerações finais dos estudos de casos	56
5	Modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em estruturas	59
5.1	Considerações iniciais para utilização do modelo proposto	61
5.2	Identificação do nível de segurança contra incêndio	62
5.3	Modelo proposto para o desenvolvimento do nível avançado.....	66
5.4	Projeto Informacional de soluções de combate a incêndio	68
5.5	Projeto conceitual de soluções de combate a incêndio	94
6	Avaliação do modelo desenvolvido	104
6.1	Apresentação da sistemática para os especialistas.....	107
6.2	Avaliação da sistemática em ambiente acadêmico	109
6.3	Avaliação da sistemática em programa de Iniciação Científica	118
6.4	Avaliação da sistemática em ambiente profissional	125
6.5	Considerações finais das avaliações	133
7	Considerações Finais	136
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140

APÊNDICE 1 – Pesquisa sobre processo de desenvolvimento de produtos de combate a incêndio	148
APÊNDICE 2 – Consulta aos grupos de interesse	152
APÊNDICE 3 – Comentários dos respondentes	155
PRODUÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA	172

1 INTRODUÇÃO

O fogo é uma reação química exotérmica, provocada pela combinação de três elementos distintos, que consiste em: combustível (material que entra em combustão) comburente (geralmente o oxigênio presente no ar), e calor (suficiente para causar a ignição). A supressão de um destes elementos, extingue o fogo. Logo, o combate pode ocorrer a partir de três formas diferentes: Isolamento, por meio da retirada do combustível; abafamento, que é subtração do oxigênio; e resfriamento, que consiste na redução do calor, que pode ocorrer com introdução de agentes extintores. E ainda, o incêndio pode provocar a reação em cadeia, que é uma sequência de reações desencadeadas por um elemento ou grupo de elementos que acarretam novas reações (OLAWOYIN, 2018; QUINTIERE, 2016; BENSON, 2020).

Segundo o relatório *International Technical Committee for the Prevention and Extinction of Fire*– CTIF, são reportados aproximadamente 3,7 milhões incêndios ao ano, em cerca de 39 países (BRUSHLINSKY et al., 2019). A Figura 1 apresenta o comportamento ao longo do tempo.



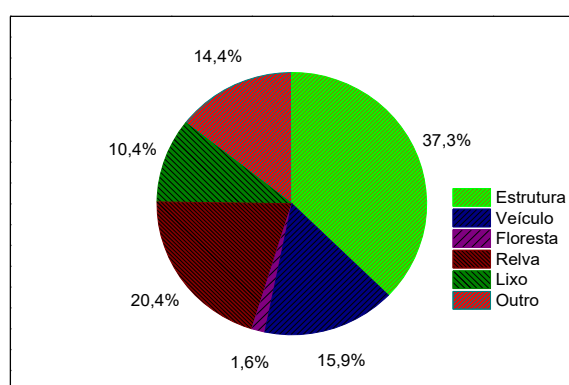
Fonte: Baseado de Brushlinsky et al., 2019

Observando a Figura 1, pode-se verificar uma tendência de redução no número de ocorrência dos incêndios, no entanto, ainda há um valor significativo de casos. Estes incêndios também podem acometer estruturas (ONO, 2004; SÁ; SÁ; LIMA, 2018; VANNUCCI; MAIS; STEFANOU; MAFFI-BERTHIER, 2019; RODRIGUES; RODRIGUES; SILVA FILHO, 2017; WRÓBLEWSKA; KOWALSKI, 2020; RAHARDJO; PRIHANTON, 2020), florestas (ETCHELLS et al., 2020; FREITAS et al., 2020; NIGRO; MOLINARI, 2019; SANNIGRAHI et al., 2020), vegetações rasteiras

(SCHMIDT; ELOY, 2020; SANSEVERO et al., 2020; COLLINS; PRICE; PENMAN, 2018; SYPHARD; KEELEY; ABATZOGLOU, 2017; ROLDAN-NICOLAU, 2020), veículos (ZHANG et al., 2019; AHRENS, 2013; LI, 2019), entre outros.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos tipos de incêndio de acordo os locais em que ocorrem, a partir dos dados extraídos do relatório da CTIF em relação aos casos ocorridos em 2017 em 23 países em todo o mundo. Sendo o incêndio em estruturas o de maior ocorrência, seguido dos incêndios em vegetações rasteiras e veículos (BRUSHLINSKY et al., 2019).

Figura 2- Distribuição dos tipos de incêndio em 2017



Fonte: Baseado de Brushlinsky et al., 2019

Assim, este trabalho tem como foco a elaboração de um modelo para o desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em estruturas. Quando se refere a estrutura tem-se como base o conceito de estrutura adaptado aos tipos de ocupação classificado pela ABNT NBR 1433-2. E, envolvem, as estruturas do tipo residencial, serviços de hospedagem, comercial varejista, serviços profissionais pessoais e técnicos, educacional e cultura física, locais de reunião pública, serviços automotivos, serviços de saúde e institucionais industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista e depósitos.

Não por acaso, os dados estatísticos apresentados até aqui não são específicos do Brasil. Isso porque verifica-se que no Brasil não há um relatório de abrangência nacional que reporte os casos de incêndio como é visto em outros países, isso camufla a gravidade dos sinistros no território brasileiro. O elevado número de incêndios, seu grave impacto e a carência de informações indicam fragilidades na Segurança Contra Incêndio, que consiste no conjunto de medidas para prevenção e proteção contra incêndio (LIMA et al., 2021a). A sessão a seguir apresenta as principais limitações da Segurança Contra Incêndio no Brasil.

1.1 Limitações da Segurança Contra Incêndio no Brasil

Conforme mencionado, a segurança contra incêndio consiste no conjunto de medidas para prevenção e proteção contra incêndio. As medidas para prevenção podem ser classificadas como educação ao público e gerenciamento da segurança do local. E a proteção contra incêndio pode ser classificada como medidas de proteção ativa ou passiva. A proteção passiva não necessita de acionamento, como elementos estruturais, paredes resistentes ao fogo, portas corta fogo. Diferentemente da proteção ativa que é acionada a partir do início do incêndio como sprinkler, sistema fixo de gás, extintor, hidrantes, drones e robôs de combate ao fogo.

No Brasil a segurança contra incêndio ainda é uma área incipiente, os incêndios que acontecem no país não são reportados em relatórios de abrangência nacional, as normas são prescritivas, não há um código nacional, assim cada estado legisla de maneira independente. Além de não existir cursos de graduação para formação de Engenheiros de Segurança Contra Incêndio, como é visto em Portugal (Universidade de Coimbra), Estados Unidos (*Worcester Polytechnic Institute- WPI*, Universidade de Maryland), Canadá (Carleton University), Reino Unido (Universidade de Edinburgh e Universidade de Leeds), Nova Zelândia (Universidade de Canterbury), China (Tongji University e State Key Laboratory of Fire Science). É importante ressaltar que a área de Segurança Contra Incêndio foi apenas reconhecida em 2017 como área de conhecimento pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (CNPq, 2017).

Neste sentido, a Frente Parlamentar Mista de Segurança Contra Incêndio (FPMSCI), sinalizou prioridades nas ações para o avanço da Segurança Contra Incêndio no Brasil: a) existência de um Código Nacional de Segurança contra Incêndio, pois atualmente cada estado legisla sobre o assunto de forma independente (RODRIGUES, 2016); b) elaboração e divulgação de estatísticas sobre incêndios no Brasil, pois no país não são publicados os números totais de incêndio e seus impactos, camuflando a real gravidade dos incêndios (PAULUZE, 2019); c) certificação de produtos e equipamentos de proteção contra incêndio, atualmente apenas os extintores de incêndio, os indicadores de pressão para extintores de incêndio e o pó para extinção de incêndio possuem certificação compulsória pelo INMETRO (CICERELLI, 2018); d) normas e projetos baseados em desempenho, o incentivo para a maior flexibilidade nos projetos implica em redução de custos, medidas mais efetivas e avanço na inovação tecnológica, por meio do desenvolvimento e uso de novos materiais e novos produtos (RODRIGUES, 2016).

Com aumento do número de profissionais com maior entendimento sobre a ciência do fogo no país é possível avançar no melhoramento das normas, conforme destacado por Rodrigues (2016) a necessidade de um código a nível nacional e alinhado com as normas internacionais, como NFPA - National Fire Protection Association the Estados Unidos (NFPA, 2016). A elaboração de projetos baseados em desempenho, que contribuiria para a implementação de soluções alternativas e tecnológicas de melhor custo-benefício (TAVARES, 2009). E conseqüentemente, o aumento da exigência da qualidade, levaria a criação de programas de certificação, que no país ainda é muito incipiente (CICERELLI, 2018).

Outro aspecto a ser considerado é o desenvolvimento dos produtos de combate, segundo Li e Che (2014), os produtos de combate incêndio não acompanham as alterações das necessidades dos clientes, avanço da arquitetura, peculiaridades dos ambientes, o que inviabiliza aplicar as formas tradicionais de proteção nos diferentes ambientes. Pois há poucas inovações neste segmento de mercado, e limitadas alternativas para atender às necessidades dos clientes. Black e Repenning (2001) ressaltam que é necessário considerar o conhecimento de especialistas no desenvolvimento deste tipo de equipamentos. Pois o conhecimento dos especialistas não está disponibilizado, de modo a favorecer a difusão do conhecimento e melhoria no desenvolvimento de soluções.

Para entender melhor a situação dos produtos de combate a incêndio no Brasil, foram examinadas cerca de 30 empresas, por meio de e-mail, contato telefônico e análise dos produtos disponíveis para venda nos catálogos. Em que foi verificado que as soluções comercializadas não são criações nacionais. A partir do contato com as empresas, verificou-se que não há um processo estruturado de desenvolvimento de produtos que estimule a elaboração de soluções de melhor custo-benefício, e se adapte às peculiaridades das edificações.

Em relação a pesquisas de destaque, conduzidas dentro de universidades, pode-se citar a solução com tecnologia nacional intitulado de Sistema de Descarga Baseada em Gás Liquefeito que utiliza o CO₂ em estado líquido, a baixa temperatura e sob alta pressão, desenvolvido pelos pesquisadores do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro e a empresa Cdiox Engenharia. O agente extintor é armazenado em estado líquido, e lançado nas chamas sob forma de vapor sem se solidificar, promovendo uma extinção eficiente do fogo (SOUZA JUNIOR, 2013). Esta invenção foi depositada no INPI, tendo o número de depósito: P10902391-7 A2, o pedido de patente for arquivado em 2017.

Em consulta ao site do INPI, realizando a busca em Patente Concedida, tendo a palavra-chave no Título: 'INCÊNDIO', no período de depósito entre 2000 e 2022, foram encontradas 74 patentes, entre elas 57 são patentes com prioridade unionista pertencentes a outros países, e apenas 17 patentes são de origem nacional. Sendo 8 patentes de modelo de utilidade (BR 20 2018 070757 0 Y1; BR 20 2016 015055 3 Y1; BR 20 2015 031157 0 Y1; BR 20 2014 028148 2 Y1; MU 8800772-3 Y1; MU 8502708-1 Y1; MU 8201809-0 Y1; MU 8000390-7 Y1) e 9 patentes de invenção (BR 10 2014 012828 0 B1; BR 10 2014 009885 2 B1; BR 10 2013 016392 9 B1; PI 0900724-5 B1; PI 0702725-7 B1; PI 0600933-6 B1; PI 0305820-4 B1; PI 0000517-7 B1; BR 11 2013 001871 2 B1).

Conforme os dados apresentados e a partir da análise do portfólio de produtos de empresas brasileiras de produtos de combate a incêndio, verifica-se que existe um baixo desenvolvimento de produtos contra incêndio no Brasil e as soluções comercializadas pelas empresas não são personalizadas, considerando as peculiaridades das edificações. Ainda, observa-se que sistemas mais tecnológicos possuem um significativo valor de aquisição, pois é necessário a importação dos produtos, elevando consideravelmente seu valor.

1.2 Delimitação do escopo da pesquisa

A concepção de soluções efetivas de combate a incêndio, perpassa pelo processo de desenvolvimento de produtos (PDP), que de uma forma estruturada e sistemática, possibilita a construção de soluções adequadas para a resolução dos problemas. O PDP permite transformar informações tecnológicas e mercadológicas em requisitos de um projeto de engenharia, visando atender as necessidades dos clientes, estando alinhado estrategicamente com os interesses da empresa. Quando eficazmente concebido e gerenciado, pode favorecer a competitividade organizacional, pois, auxilia a criação de soluções ótimas para resolução de problemas (ROZENFELD et al., 2006).

O desenvolvimento de produtos pode ocorrer por meio de um modelo de referência, no qual é possível ter uma visão ampla de todas as fases, o que leva um projeto mais conforme. Ao que tange o setor de proteção contra incêndio foi identificada uma pesquisa elaborada por Hansen, (2012) que propõe uma solução alternativa, segundo o processo de desenvolvimento de produtos proposto por Back (2008), com escopo limitado a residências, em que buscou-se melhorar o design de extintores de incêndio.

É possível identificar na literatura inúmeros modelos de referência orientados a uma área do conhecimento específica. Como para o desenvolvimento de equipamentos de automação de controle de processo e médico-hospitalares (MENDES, 2008); produtos mecânicos (BARBALHO, 2006); automóveis (NAKAMURA, 2017; SILVA, 2013); polímeros injetáveis (FERREIRA, 2002); tecnologia assistiva (OKUMURA, 2017); indústria de vestuário com inserção do *Big Data* (RABELO, 2017); órtese (ASSAD, 2018); indústria médica (MURBACK, 2018); indústria farmacêutica (PAULA, 2004); produtos de baixo impacto ambiental (VARANDAS JUNIOR, 2014). Porém não foi identificado um estudo mais aprofundado que apoiasse o processo de desenvolvimento de produtos em suas fases iniciais de projeto destinados às diferentes edificações, conforme evidenciado no Apêndice 1 para as strings de busca: "*development of firefighting products*" e "*firefighting product*" AND "*development process*", utilizando as bases: *ScienceDirect*, *Scopus*, *Web of Science* e *Google acadêmico*, o único artigo encontrado foi elaborado pela presente autora e colaboradores, como resultados das pesquisas do programa de doutoramento.

Além disso, pode-se destacar que em projetos de desenvolvimento de soluções de combate a incêndio, realizados anteriormente pela autora e colaboradores, descritos no Capítulo 4 de Estudos de caso, foram identificadas diversas dificuldades, como: a) Pouco material disponível sobre as tecnologias de combate a incêndio; b) Dificuldade em obter respostas dos especialistas sobre as necessidades da solução; c) Dificuldade em listar as restrições considerando o produto e suas interfaces; d) Dificuldade em listar as funções do produto.

Assim, uma alternativa para contribuir com a concepção de novas soluções, é estruturar um método orientado para o desenvolvimento de produtos de proteção contra incêndio em estruturas. Que considere o conhecimento dos especialistas, os aspectos normativos e informações da literatura, e assim apoie a elaboração das fases de projeto informacional e conceitual. Este modelo se limita as fases de projeto informacional e conceitual, pois são as mais importantes no que se refere a definição dos conceitos e capacidade de inovação.

Um outro aspecto a ser considerado é a abordagem de projeto baseado em desempenho (PBD), a qual é baseada em objetivos de segurança contra incêndio desenvolvidos por todo o time, que quantifica o nível planejado de segurança que deve ser provida no local. Em um PBD, são avaliados cenários de fogo específicos e projetos de soluções para atender os objetivos de segurança satisfatoriamente.

O PBD difere da abordagem das normas tradicionais onde o nível planejado de segurança de fogo é quantificado em termos de perigo, e são montados os métodos para alcançar o nível planejado de segurança para um edifício específico considerando todas as suas particularidades e características físicas e dos seus ocupantes. Assim, pode-se inferir que o PBD consiste em um *design* de proteção contra incêndios próprio e peculiar para cada edificação. Com entendimento de causa de engenharia e não apenas legal. Caracterizado por ter uma estruturação própria e independente, formada por três partes: códigos de desempenho; diretrizes e orientações técnicas e as ferramentas de projeto e cálculo (SERPA, 2012).

Para a elaboração do projeto baseado em desempenho, deve-se definir o escopo e extensão do projeto, em seguida estabelecer as metas, desenvolver critérios e cenários de performance e por fim desenvolver a estratégia do projeto. O presente estudo está diretamente relacionado no projeto baseado em desempenho, com foco na segurança contra incêndio em estruturas, a partir do desenvolvimento de produtos de proteção ativa.

A definição do escopo foi feita para estruturas, pois conforme ilustrado na Figura 2, é o tipo de incêndio de maior ocorrência. Deste modo, o problema principal a ser explorado nesta pesquisa pode ser caracterizado pela seguinte questão: **De que maneira pode-se apoiar a elaboração das fases de projeto informacional e conceitual para a concepção de soluções de combate a incêndio em estruturas?**

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas.

E, como consequência, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Compreender as etapas e ferramentas do processo de desenvolvimento de produtos, e sua aplicação nos sistemas de combate a incêndio;
- Organizar o conhecimento sobre os sistemas de combate a incêndio, abordando os aspectos normativos e tecnológicos.
- Apresentar estudos de caso sobre desenvolvimento de soluções para combate a incêndio procurando identificar as oportunidades e as lacunas do processo;
- Levantar o conhecimento de especialistas da área com o objetivo de identificar as necessidades relativas ao processo de desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio;
- Propor o modelo de apoio ao projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas.

- Avaliar o modelo de apoio ao projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas.

1.4 Contribuições Esperadas

O desenvolvimento desta tese visa contribuir com a disponibilização de um processo de apoio ao desenvolvimento de produtos da área de combate a incêndio, por meio da apresentação de informações específicas da área, que são pouco difundidas, e dificultam a consideração de requisitos e restrições importantes para a concepção da solução. Além disso, espera-se evidenciar as lacunas da área, e a importância de haver uma maior preocupação do meio científico na pesquisa de ações de combate a incêndio e a Segurança Contra Incêndio de uma forma geral.

Assim, pretende-se que este modelo seja um instrumento de apoio à concepção de solução de combate a incêndio centrado na resolução de problemas específicos. Que é estruturado por meio de ferramentas de projeto adaptadas à área, levantamento das informações dos especialistas, permitindo a redução de problemas de projeto e minimização do tempo de desenvolvimento.

Também envolve a disponibilização de um processo estruturado sobre a segurança contra Incêndio, abordando os níveis básicos, intermediários e avançados, com intuito de orientar qual caminho seguir para promover a segurança contra incêndio em estruturas.

1.5 Estrutura da tese

A presente tese foi estruturada da seguinte forma: o **capítulo 1** apresenta a introdução do trabalho, em que é feita a contextualização, justificativa, identificação das lacunas, delimitação do escopo e descrição do problema de pesquisa. Também é declarado os objetivos da pesquisa: o objetivo geral e os específicos, destacadas as contribuições esperadas e descrito a estrutura da tese.

No **capítulo 2** é descrita a revisão teórica sobre o processo de desenvolvimento de produtos, que dá fundamentação para o entendimento das fases do desenvolvimento e ferramentas utilizadas neste trabalho. Em seguida, é apresentada uma revisão teórica sobre os sistemas de combate a incêndio, abordando os aspectos normativos e tecnológicos.

O **capítulo 3** é destinado para o método empregado para a execução dos objetivos específicos. Assim, envolve a apresentação de estudos de caso sobre o desenvolvimento

de soluções para combate a incêndio; construção de um fluxograma esquemático, que indica possíveis caminhos para a realização da Segurança Contra Incêndio; realização de entrevistas e aplicação de questionários para levantamento das principais necessidades da área, segundo os especialistas; adaptação das ferramentas, por meio de questionamentos direcionados à área e ferramenta *on-line* de cálculo automático e aplicação de Workshop para grupos de interesse.

O **capítulo 4** apresenta dois estudos de caso que mostram os avanços realizados na área e as lacunas identificadas durante o desenvolvimento de produtos de combate a incêndio para edificações.

Com base nos estudos de caso e análises da literatura é apresentada uma proposta do modelo de apoio ao desenvolvimento de produto orientado ao combate a incêndio **no capítulo 5**. No modelo é destacado “os caminhos” dos diferentes níveis de segurança contra incêndio. E dentro do nível avançado, para contribuir com o desenvolvimento de novas soluções, é apresentado um modelo adaptado contemplando as fases de projeto informacional e conceitual.

O **capítulo 6**, apresenta a avaliação da sistemática realizada com grupos de especialistas, e em ambiente acadêmico e profissional. E o **capítulo 7** traz as considerações finais do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

No **Apêndice 1** é mostrado o resultado da pesquisa na literatura sobre o processo de desenvolvimento de produtos de combate a incêndio. O **Apêndice 2**, apresenta a estrutura das perguntas das entrevistas e questionários aplicados. O **Apêndice 3** apresenta as respostas das consultas realizadas com os interessados chave da área.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Nascimento (2016), a pesquisa pode ser classificada quanto a sua natureza, abordagem, objetivo e procedimento. O Quadro 1 sumariza a classificação do presente estudo quanto à sua natureza, abordagem e objetivo.

Quadro 1- Enquadramento metodológico da pesquisa

CLASSIFICAÇÃO	ENQUADRAMENTO DO ESTUDO
Natureza	Aplicada
Abordagem	Qualitativa
Objetivo	Exploratório

Fonte: Autoria própria

Quanto à natureza, a pesquisa pode ser classificada como: básica, que consiste na geração de conhecimentos novos, com contribuição para o avanço da ciência, sem aplicação prática prevista; ou natureza aplicada, que visa a geração de novos conhecimentos para aplicação prática, para resolução de problemas específicos (NASCIMENTO, 2016). Desta forma, esta pesquisa pode ser classificada como natureza aplicada, pois objetiva elaborar um modelo que oriente o desenvolvimento de produtos para o combate a incêndio.

Quanto à abordagem, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa ou quantitativa. Estas possuem focos distintos, sendo a quantitativa centrada nos elementos do objeto de estudo, emprega variáveis expressas por dados numéricos e rigorosos métodos de análise estatística, já a abordagem qualitativa é centrada nos processos, visando interpretar, explicar e comparar múltiplas fontes de evidências (NASCIMENTO, 2016). Neste sentido, o presente estudo pode ser classificado como uma abordagem qualitativa, pois visa a elaboração de um modelo que suporte o processo de desenvolvimento de produtos em suas fases iniciais.

A pesquisa pode apresentar diferentes objetivos, que são classificados em: exploratório, descritivo ou explicativo. Basicamente a pesquisa descritiva visa descrever e correlacionar os fenômenos. A pesquisa explicativa emprega métodos experimentais e busca caracterizar os fatores que determinam os fenômenos. Já a pesquisa exploratória visa facilitar o entendimento acerca do problema objeto da pesquisa, para possibilitar a elaboração de hipóteses (NASCIMENTO, 2016). A presente pesquisa pode ser categorizada como exploratória pois objetiva o aprofundamento do conhecimento a fim de elaborar o referido modelo.

Visto a classificação da pesquisa, deve-se descrever o procedimento metodológico para a execução de cada objetivo específico proposto. Conforme ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2- Objetivos específicos e métodos empregados

O que? (Objetivos específicos)	Como? (Métodos)
Compreender as etapas e ferramentas do processo de desenvolvimento de produtos, e sua aplicação nos sistemas de combate a incêndio	Revisão da literatura sobre os modelos de desenvolvimento de produtos e sistemas de combate a incêndio
Organizar o conhecimento sobre os sistemas de combate a incêndio, abordando os aspectos normativos e tecnológicos	Levantamento das normas e das tecnologias aplicadas para o combate ao incêndio
Apresentar estudos de caso sobre desenvolvimento de soluções para combate a incêndio procurando identificar as oportunidades e as lacunas do processo	Descrição de estudos de caso sobre o desenvolvimento de soluções para combate a incêndio
Levantar o conhecimento de especialistas da área com o objetivo de identificar as necessidades relativas ao processo de desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio	Realização de entrevistas e aplicação de questionários para levantamento das principais necessidades da área, segundo os especialistas
Propor o modelo de apoio para o projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas	Construção de um fluxograma esquemático, que indica possíveis caminhos para a realização da Segurança Contra Incêndio e adaptação das ferramentas, por meio de questionamentos direcionados à área e ferramenta on-line de cálculo automático.
Avaliar o modelo de apoio para o projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas	Apresentação do modelo para especialistas e aplicação de workshop em ambiente acadêmico e profissional

Fonte: Autoria própria

Conforme apresentado no Quadro 2, os métodos listados serão descritos nas subseções a seguir.

2.1 Descrição de estudos de caso sobre o desenvolvimento de soluções para combate a incêndio

Para o desenvolvimento desta Tese, foram realizados dois estudos de caso. O primeiro estudo foi realizado em uma empresa, no ano de 2016, tendo como objetivo a resolução dos problemas identificados nos chuveiros automáticos (*sprinkler*), como necessidade de um reservatório técnico de água, tubulações, que exige significativas intervenções no local para instalação.

O segundo estudo de caso, consiste em uma situação hipotética, tendo sido desenvolvido em 2020. E teve como objetivo elaborar formas alternativas de supressão de incêndio em prédios históricos, considerando as limitações estruturais, e restrições de mudança da arquitetura.

Com base nas informações obtidas nos estudos de caso, foram identificados os aspectos positivos e as lacunas, visando fornecer suporte a proposição do modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas.

2.2 Construção de um fluxograma esquemático, que indica possíveis caminhos para a realização da Segurança Contra Incêndio

Os sistemas para segurança contra incêndio possuem níveis básico, intermediário e avançado. Para estruturar uma decisão sobre qual nível de proteção a ser adotado na edificação é preciso organizar o conhecimento. Para isto, será desenvolvido um fluxograma, baseado nas características da edificação que se deseja proteger e definir se é possível garantir a proteção do local apenas com a execução do que é previsto em norma, ou se é necessário realizar compensação com soluções mais tecnológicas.

Caso não existam formas de realizar esta compensação de forma viável, será necessário o desenvolvimento de uma nova solução de combate ao incêndio. Desta forma, entende-se que esta análise fará parte do modelo proposto neste Tese.

2.3 Realização de entrevistas e aplicação de questionários para levantamento das principais necessidades da área, segundo os especialistas

Para levantar as principais informações sobre os sistemas de combate ao incêndio, foram consultados 30 interessados chave, como especialistas, empresas, usuários, integrantes do corpo de bombeiros e profissionais da área, por meio de entrevistas semi-estruturadas e questionários para pontuação das necessidades em escala *likert* (CAAE: 46254821.2.0000.9287). Conforme apresentado no Apêndice 2.

2.4 Proposição de um modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em estruturas

Com base nas informações levantadas na literatura, nas normas técnicas, nos estudos de casos, nas entrevistas realizadas com especialistas foi proposto um modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndios em estruturas.

Para isto, foram desenvolvidas ferramentas específicas, com base no trabalho de Ferreira (2002). Como exemplo, foi estruturada uma ferramenta específica da TRIZ,

disponível on-line, com soluções (princípios inventivos) aplicadas ao domínio de combate a incêndios.

2.5 Aplicação de Workshop para grupos de interesse

A avaliação visa verificar se o modelo atende ao objetivo, que desta tese é de: “Propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas”. Assim o modelo será aplicado em diferentes ambientes e formatos. Inicialmente serão realizadas duas apresentações para especialistas, do curso de Especialização em Engenharia de Segurança Contra Incêndio e da Sociedade dos Engenheiros de Proteção Contra Incêndio. Com o intuito de obter *feedbacks* sobre os aspectos técnicos, estruturação do modelo, necessidade da ferramenta na prática e pontos de melhoria.

O modelo também será executado por três grupos: alunos de iniciação científica, graduandos da Engenharia Química e profissionais de uma empresa de tecnologia. Para analisar as três rodadas de avaliação do modelo, os participantes serão consultados a partir de um questionário, quanto ao atendimento dos critérios, conforme apresentado na literatura (BIESEK, 2018; INTHAMOUSSU, 2015 apud ROMANO 2003; MONTANHA JR. 2004; LEONEL, 2006; IBARRA, 2007; MOEHRLE et al., 2012). O questionário será constituído por 8 seções, sendo a primeira para identificação do respondente e mais 7 seções que objetiva avaliar os seguintes critérios: Aplicabilidade, Clareza Gráfica, Rigor da Representação, Completeza, Robustez, Reusabilidade e Eficiência Econômica.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A presente seção apresenta uma revisão teórica sobre o processo de desenvolvimento de produtos, que dá fundamentação para o entendimento das fases do desenvolvimento e ferramentas utilizadas neste trabalho. E em seguida, é apresentado uma revisão teórica sobre os sistemas de combate a incêndio, abordando os aspectos normativos e tecnologias da área.

3.1 Processo de desenvolvimento de produtos

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) permite a conversão de informações tecnológicas e mercadológicas em requisitos de um projeto de engenharia, com objetivo de satisfazer as necessidades dos clientes, estando alinhada estrategicamente com os objetivos corporativos (ROZENFELD et al., 2006). Quando eficazmente concebido e gerenciado, pode se tornar um fator de vantagem competitiva, contribuindo para a melhoria do desempenho técnico dos produtos, aumento da qualidade, colocação dos produtos mais rapidamente no mercado, o que permite aproveitar a janela de oportunidade, além de melhorar a manufaturabilidade (CHENG; MELO FILHO, 2007).

O processo do desenvolvimento de produtos pode ocorrer a partir de diferentes abordagens: abordagem tradicional ou desenvolvimento integrado. Na abordagem tradicional, o desenvolvimento acontece de maneira sequencial, em que os setores executam suas funções de modo independente sem muita integração com os demais setores. Os principais problemas deste tipo de abordagem são: barreiras organizacionais e de comunicação, fazendo com que requisitos importantes nas fases posteriores, não sejam consideradas no início do desenvolvimento. A hierarquia é rígida, o que dificulta a realização de atividades de maneira simultânea. Os fornecedores são envolvidos tardiamente no processo, não sendo aproveitadas suas contribuições. Há pouco controle dos indicadores, e o gerenciamento é funcional, cada setor possui sua gerência e há pouca interação entre elas. A partir da análise da literatura, verifica-se que as metodologias propostas por Asimow (1962), Coryell (1967), Pahl e Beitz (1988), Hubka (1982), French (1985) e Roozemburg e Cross (1991) apresentam modelos de desenvolvimento em etapas sequenciais, que reflete o pensamento departamental do período em que os modelos foram concebidos (SCHMITZ, 2013).

Já o desenvolvimento integrado, possui equipes multidisciplinares que trabalham em conjunto, compartilhando conhecimentos e experiências, apresentam diferentes visões, porém complementares acerca do desenvolvimento do produto. Envolve o paralelismo das atividades, o que otimiza o tempo, além disso, a integração das variadas áreas possibilita considerar os requisitos dos projetos por todo o ciclo de vida do produto. O desenvolvimento integrado está relacionado com os aspectos da engenharia simultânea, análise de *Stage Gates* e visão completa do ciclo de vida. Esta abordagem é utilizada em modelos como do Rozenfeld et al. (2006); Back et al. (2008); Dieter e Schmidt (2009).

É necessário salientar que, não existe uma única ou melhor forma de gerenciar o PDP. É necessário analisar a estratégia de produto da empresa e suas capacidades técnica e gerencial, além da organização do processo como um todo. Para que possa favorecer a competitividade organizacional, o desenvolvimento de produto precisa ser um processo eficaz e eficiente, e isso depende fundamentalmente de um modelo de referência, alinhado estrategicamente com os objetivos corporativos (GARINA et al., 2018).

O PDP apresenta caráter interativo, dinâmico, evolutivo e adaptativo. Depende de uma série de fatores para que possa ser eficazmente instituído, que são peculiares de cada organização e de cada produto, e devem ser analisados criticamente para que seja engendrado um modelo de referência, alinhado às necessidades corporativas e permita a visão unificada do processo de desenvolvimento de produtos.

A literatura apresenta uma série de modelos de referência para orientar o processo de desenvolvimento de produtos (ASIMOV, 1962; PAHL; BEITZ, 1977; CRAWFORD, 1983, GUIDELINE VDI 2221, 1985; SUH, 1988; VINCENT, 1989; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992; SCHULMANN, 1994; COOPER; EDGETT, 1999; BAXTER, 2001; CRAWFORD; BENEDETTO, 2006; ROZENFELD et al., 2006; BACK et al., 2008). Os modelos supracitados são generalistas, podendo ser adaptados para elaboração de diferentes tipos de projeto de produto.

A literatura também apresenta diversos modelos de referência para o desenvolvimento de produtos em segmentos variados com o objetivo de sistematizar o PDP orientado à área de interesse de modo que dê suporte e melhore as práticas adotadas, alguns destes estudos são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3- Modelos de referência específicos

Autor	Ano	Instituição	Título	Aplicação	Etapas
FERREIRA	2002	UFSC	Metodologia para as fases de projeto informacional e conceitual de componentes de plástico injetados integrando os processos de projeto e estimativa de custos	Polímeros injetáveis	Projeto informacional; Projeto conceitual; Aplicação.
PAULA	2004	UFRGS	Proposta de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos farmacêuticos	Indústria farmacêutica	Pre-desenvolvimento; Desenvolvimento; Pós-desenvolvimento.
BARBALHO	2006	USP	Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos: Proposta e aplicações	Produtos mecatrônicos	Pre-desenvolvimento; Desenvolvimento; Pós-desenvolvimento.
MENDES	2008	UFSCar	O processo de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica: Caracterização da gestão e proposta de modelo de referência	Equipamentos de automação de controle de processo e médico-hospitalares	Pre-desenvolvimento; Desenvolvimento; Pós-desenvolvimento.
SILVA	2013	USP	Modelo de referência para o processo de desenvolvimento do produto automotivo e diretrizes para seleção de protótipos virtuais e físicos	Automóveis	Estratégia do produto; Desenvolvimento; Melhoria contínua.
VARANDAS JR	2014	USP	Uma proposta para integração de aspectos ambientais do ecodesign no processo de desenvolvimento de novos produtos	Redução dos impactos ambientais	Pre-desenvolvimento; Desenvolvimento; Pós-desenvolvimento.
NAKAMURA	2017	USP	Alinhamento do modelo de referência do processo de desenvolvimento de produtos entre cliente (montadora) e fornecedor de primeiro nível no segmento automotivo	Automóveis	Pre-desenvolvimento; Desenvolvimento; Pós-desenvolvimento.
OKUMURA	2017	PUCPR	Modelo conceitual de projeto orientado para tecnologia assistiva - MPOTA	Tecnologia assistiva	Pre-desenvolvimento; Desenvolvimento; Pós-desenvolvimento.
RABELO	2017	UNIMEP	Proposta de um modelo de descoberta de conhecimento para o projeto informacional do processo de desenvolvimento do produto	Indústria de vestuário (inserção do BIG DATA)	Projeto informacional
ASSAD	2018	USP	Projeto conceitual de órtese estabilizadora para o ombro	Órtese	Projeto informacional; Projeto conceitual; Projeto preliminar.
MURBACK	2018	UNIFEI	Análise de riscos e efeitos no projeto informacional e conceitual: uma abordagem ontológica	Indústria médica	FMEA canvas (Análise de risco).

Fonte: Autoria própria

A construção do Quadro 1 foi realizada por meio da plataforma da Capes, no catálogo de teses e dissertações, em que foi utilizado a *string*: "modelo de referência de desenvolvimento de produto", inicialmente foram lidos os títulos e em seguida os estudos foram analisados, sendo que as teses com maior similaridade com a pesquisa, foram selecionadas e apresentadas no Quadro 1. Para a combinação "modelo de referência projeto de desenvolvimento de produto" and "incêndio", não foi obtido retorno.

A construção de um modelo de referência fundamentado em aspectos normativos, instruções técnicas, legislações, práticas conceituadas e que oriente as atividades do desenvolvimento de produtos para proteção e combate de incêndio pode aumentar a eficiência destes produtos. A eficiência é um fator fulcral em sistemas de proteção e combate a incêndio, pois as consequências dos sinistros podem reduzir substancialmente.

Em suma, este cenário corrobora para a proposição de um modelo de referência para as fases de projeto informacional e conceitual orientado a produtos de combate a incêndio em estruturas.

3.1.1 Projeto informacional

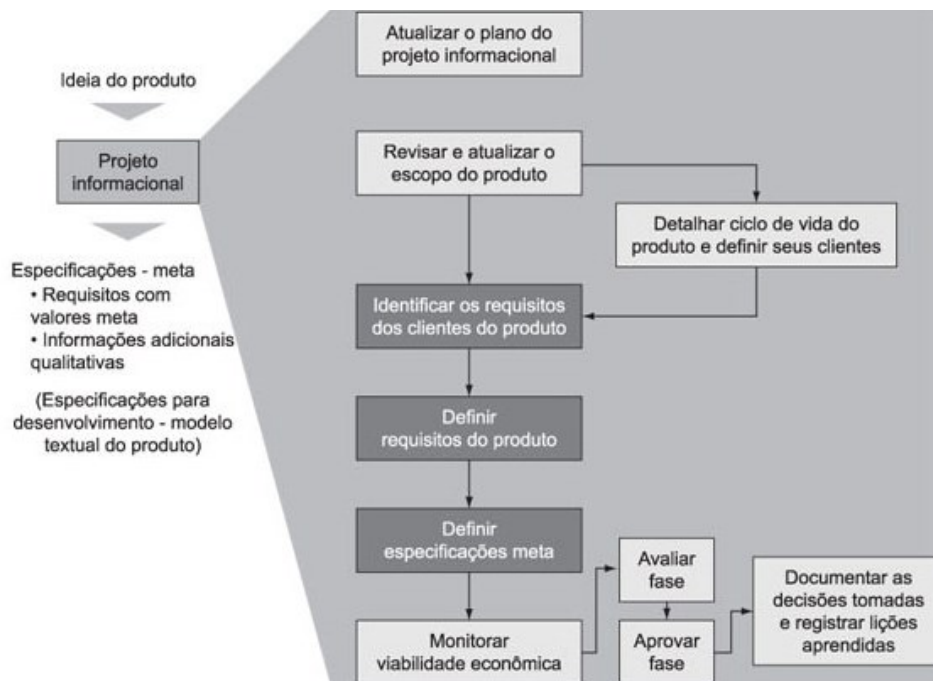
O projeto informacional visa levantar as informações sobre o produto. De uma forma geral, as atividades da fase do projeto informacional consistem em: compreender o problema; analisar o ciclo de vida do produto; mapear necessidades dos clientes e transformá-las em requisitos do produto e avaliar a viabilidade econômica (PUGH, 1990; ROZENFELD et al. , 2006; FONSECA, 2000; ROOZENBURG; EEKELS,1995; BAXTER, 1995; PAHL; BEITZ, 1996). É fundamental realizar uma análise crítica e sistemática para que se obtenham informações pertinentes, pois a definição inadequada destes requisitos pode acarretar problemas em todo o desenvolvimento do produto. Porém, a execução do projeto informacional de forma adequada pode direcionar as fases posteriores do desenvolvimento de produto e subsidiar a tomada assertiva de decisões.

Rozenfeld et al. (2006), apresentam um fluxograma com as principais informações e dependências entre as atividades do projeto informacional. O projeto informacional inicia com a atualização do plano de projeto. Na sequência, é definida a problemática, que se busca solucionar com o produto, em que devem ser obtidas todas as informações pertinentes para que seja possível realizar a análise do problema de projeto, mapear as tecnologias disponíveis e necessárias, identificar os padrões, normas, patentes e legislação, e definir os produtos concorrentes e similares (OKUMURA, 2017; ROZENFELD et al., 2006). Após definir o problema, deve ser mapeado o ciclo de vida

do produto e definir os potenciais clientes. Seguidamente, é fundamental entender quais as necessidades do mercado, o que os clientes consideram valor e quanto estão dispostos a pagar.

A partir daí, devem-se converter as necessidades dos clientes em requisitos e especificações do produto para que seja elaborado um projeto de engenharia capaz de nortear o desenvolvimento do produto. Finalmente são realizadas as atividades genéricas do PDP, como monitoramento da viabilidade econômica e registro das decisões tomadas e lições aprendidas, que é fundamental no processo de geração de conhecimento organizacional e auxilia na tomada de decisão (ROZENFELD et al., 2006). A Figura 3 ilustra as atividades do projeto informacional.

Figura 3- Atividades do projeto informacional



Fonte: Rozenfeld, et al. (2006)

A necessidade do desenvolvimento do produto pode se originar tanto de fontes externas quanto internas. Para um resultado conforme é essencial a realização sistemática das etapas do desenvolvimento. Inicialmente, deve-se compreender o problema que se deseja solucionar, analisando suas interfaces. Na sequência deve-se fazer o levantamento de todas as informações pertinentes.

Definido o problema, é necessário detalhar o ciclo de vida do produto, identificando as fases críticas, com objetivo de elaborar estratégias e evidenciar aspectos importantes que impactam no desenvolvimento do produto, além disso, é necessário identificar os clientes associados às fases do ciclo de vida. Após identificados, é

fundamental compreender quais as necessidades dos clientes, a “voz do cliente” deve ser traduzida em requisitos do projeto, que por sua vez, devem ser priorizados e detalhados e então deve ser revisada a viabilidade econômica. O Quadro 4 sintetiza as informações sobre atividades, tarefas, métodos e ferramentas que podem ser utilizados na fase de projeto informacional, com base em Rozenfeld et al. (2006).

Quadro 4- Detalhamento das atividades, tarefas e métodos do projeto informacional

Atividades	Tarefas	Métodos e ferramentas
Definir escopo	Compreender o problema Analisar tecnologias disponíveis e necessárias Identificar normas/ legislações vigentes Pesquisar concorrentes e similares	Derwent Innovation ScienceDirect Web of Science YouTube Catálogo de normas Ferramentas do Google Entrevista
Detalhar ciclo de vida	Refinar ciclo de vida do produto Identificar clientes (internos, intermediário e externos)	Estruturas do desdobramento do CV (Modelo V, espiral, sustentável) Checklist Matrizes de mapeamento
Mapear necessidades dos clientes	Identificar as necessidades dos clientes em cada fase do CV Categorizar as necessidades Converter as necessidades em requisitos do produto	Brainstorming Entrevistas Checklist Questionários Análise grupo focal QFD
Definir os requisitos do produto	Analisar e classificar os requisitos do produto Priorizar requisitos	QFD Matriz de atributos Diagrama de Mudge
Elaborar conjunto de especificações-meta	Definir parâmetros quantitativos e mensuráveis do produto Analisar mercado e Tecnologias Analisar restrições Definir especificações-meta	Matriz de atributos Checklist Análise matricial QFD Diagrama de Mudge
Monitorar viabilidade econômica	Avaliar indicadores	Revisar orçamento

Fonte: Baseado em Rozenfeld et al. (2006)

No Projeto Informacional é importante definir as fases do ciclo de vida do produto, as quais dependem de vários fatores, como tipo do produto e projeto, escala de produção, características de armazenagem, transporte, uso, manuseio e função, serviços de manutenção e mecanismos de retirada do mercado. Além disto, é importante o correto entendimento do problema, assim como, a identificação das necessidades dos clientes. Estas informações, juntamente com os requisitos e as especificações-meta de projeto do

produto. Estas informações são fundamentais para potencializar a aceitação do produto no mercado.

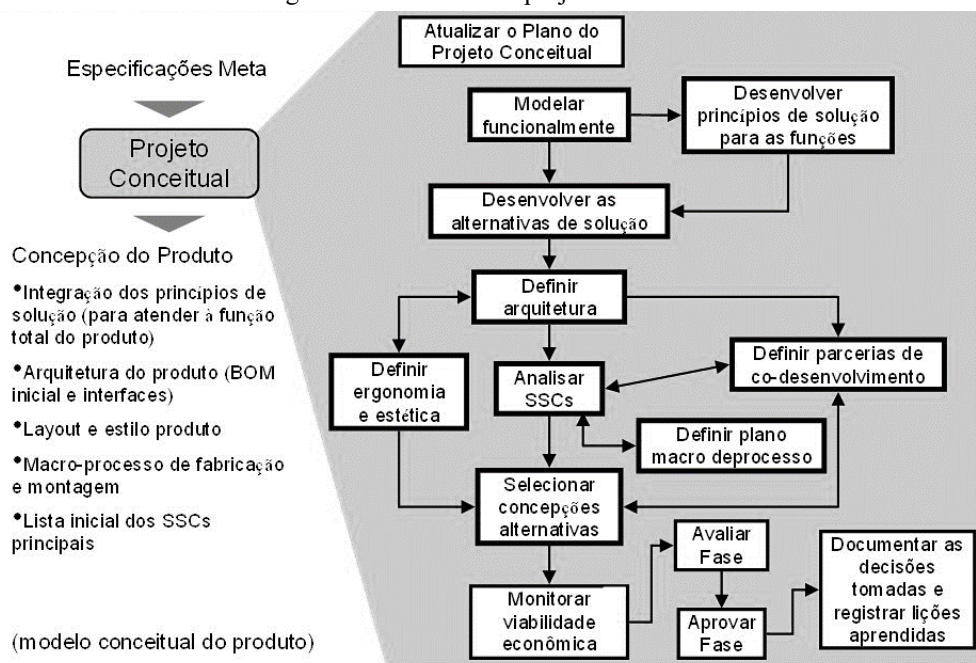
Neste contexto, levando em conta o escopo desta tese é importante associar as necessidades dos clientes, os requisitos de projeto e as especificações de projeto considerando as peculiaridades dos sistemas de combate a incêndio, de forma a potencializar os resultados das demais fases de desenvolvimento de produtos.

3.1.2 Projeto conceitual

A definição do problema e a elaboração do conjunto de especificações-meta do produto, elaborados no projeto informacional, suportam as atividades para a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto (ROZENFELD et al., 2006). O principal propósito do projeto conceitual é criar soluções alinhadas às necessidades dos clientes, para entregar o que eles desejam (PUGH, 1990).

As principais etapas do projeto conceitual estão representadas na Figura 4, conforme proposto por Rozenfeld et al. (2006). O projeto conceitual inicia com a definição da função global do produto. A partir da definição da função global é modelada a estrutura funcional do produto, em que a função global é desdobrada em sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) de menor complexidade. Seguidamente, deve ser proposto um conjunto de soluções para satisfazer as funções do produto. As soluções mais pertinentes são desenvolvidas, e geram as concepções. Estas são analisadas sistematicamente, para que seja evidenciada qual alternativa mais adequada para o atendimento das especificações-meta, definidas na fase de Projeto Informacional (ROZENFELD et al., 2006). Nesta etapa também é importante que seja feito o monitoramento do mercado e identificação de alterações que podem impactar no processo de desenvolvimento da concepção.

Figura 4- Atividades do projeto conceitual



Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

No projeto conceitual, o produto é modelado funcionalmente e para evitar a limitação das soluções, a descrição das funções é realizada de maneira abstrata, com foco na essência do problema. No caso, podem ser desdobradas as diversas estruturas de funções do produto, para que uma seja selecionada. Desta forma, é possível desenvolver as alternativas de solução, e para cada uma é definida a arquitetura do produto.

A partir da estrutura funcional e com base nas especificações de projeto são geradas as alternativas de concepção do produto. Na sequência, ocorre a seleção da concepção mais viável para o projeto. Estas concepções, devem ser selecionadas de maneira criteriosa, de modo que seja identificada a que mais se adequa ao cumprimento das especificações-meta do produto. Rozenfeld et al. (2006), propõem a realização das atividades genéricas da fase, que consiste no monitoramento da viabilidade econômica, avaliar e aprovar fase, e registro das informações pertinentes. O Quadro 5 apresenta as atividades e suas respectivas tarefas, métodos e ferramentas da fase de projeto conceitual, com base em Rozenfeld et al. (2006).

Quadro 5- Detalhamento das atividades, tarefas e métodos do projeto conceitual

Atividades	Tarefas	Métodos e ferramentas
Modelar o produto funcionalmente	Analisar as especificações -meta Identificar as funções Especificar a função global Criar estruturas funcionais alternativas Selecionar estrutura funcional	Abstração orientada Modelagem funcional Método da função síntese Matriz de decisão
Desenvolver princípios de soluções para o produto	Definir efeitos físicos Definir portadores de efeitos	Abstração orientada Catálogos de solução Matriz morfológica Brainstorming Matriz TRIZ
Definir arquitetura do produto	Identificar Sistemas, Subsistemas e componentes (SSC) Definir integração entre SSCs	Catálogos de solução Matriz morfológica Brainstorming Matriz TRIZ Matriz Indicadora de módulos Matriz de interfaces
Analisar Sistemas, Subsistemas e componentes (SSC)	Analisar aspectos críticos Definir principais parâmetros	Abstração orientada Modelagem funcional Matriz de decisão BOM (Bill Of Material) DFX (Design For X)
Selecionar a concepção do produto	Analisar as concepções alternativas Valorar as concepções alternativas Selecionar a concepção	Especificações-meta Necessidade dos clientes Matriz de decisão
Monitorar viabilidade econômica	Avaliar indicadores	Revisar orçamento

Fonte: Baseado em Rozenfeld et al. (2006)

A concepção selecionada deve ser testada, para avaliar se atende as especificações-meta de projeto do produto. Os testes podem ser realizados por meio de protótipos, simulações e fabricação de um mínimo produto viável, por exemplo.

Assim, considerando o escopo desta tese, para melhor desenvolvimento e avaliação da solução é importante considerar os aspectos relacionados à segurança contra incêndio, normas e tecnologias existentes.

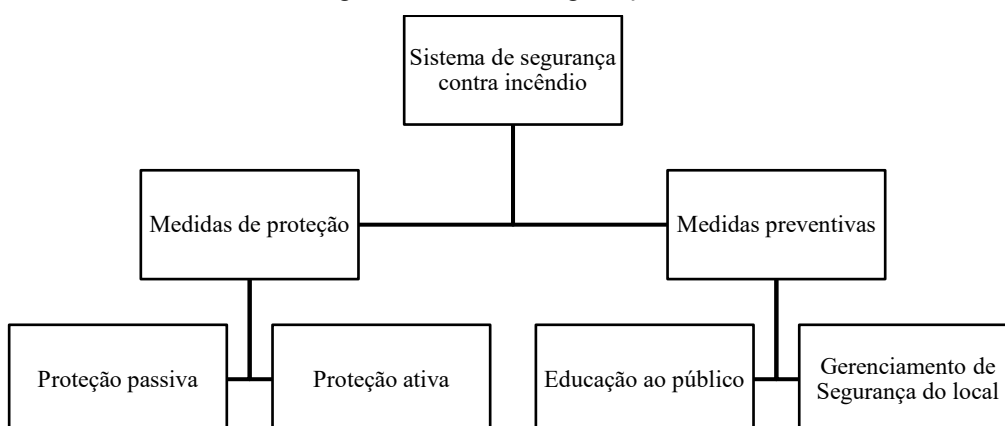
A seguir será apresentada a revisão sobre sistemas de combate a incêndio em estruturas, contemplando: os princípios da segurança contra incêndio, características dos incêndios em estruturas, aspectos normativos, certificação dos produtos de segurança contra incêndio e tecnologias de combate a incêndio.

3.2 Segurança Contra Incêndio

O sistema de Segurança Contra Incêndio (SCI) consiste no conjunto de medidas para prevenção e proteção contra incêndio. As medidas de proteção podem ser classificadas como ativa ou passiva. A proteção passiva não necessita de acionamento, como elementos estruturais, paredes resistentes ao fogo, portas corta fogo (LIM et al., 2019; THOMAS et al., 2020; SIDDIQUI et al., 2020). Já a proteção ativa atua a partir da presença do fogo como sprinkler, sistema fixo de gás, extintor, hidrantes, drones e robôs de combate ao fogo (ZLATANOVIC et al., 2014; GHAMANDE et al., 2019; INNOCENTE; GRASSO, 2019; ASYRAF et al., 2020; BURDIN, 2020). É importante que os sistemas de proteção ativos e passivos sejam combinados para uma maior eficiência (SIDDIQUI et al., 2020; LIMA et al., 2021b).

Outro pilar do sistema de segurança contra incêndio são as medidas preventivas, que consistem em educação ao público, e gerenciamento da segurança do local. A educação ao público ocorre por meio da difusão dos conceitos teóricos e treinamentos práticos com simulação de incêndio, é importante que estas ações sejam adotadas pelas escolas, ambiente de trabalho em geral, com objetivo de mudar a cultura da população. Já gerenciamento de segurança do local, consistem em ação de monitoramento, manutenção preditiva, preventiva ou corretiva do ambiente para reduzir os riscos em locais com potencial para incêndio, como fiação elétrica. A Figura 5 ilustra o esquema da segurança contra incêndio descrito acima.

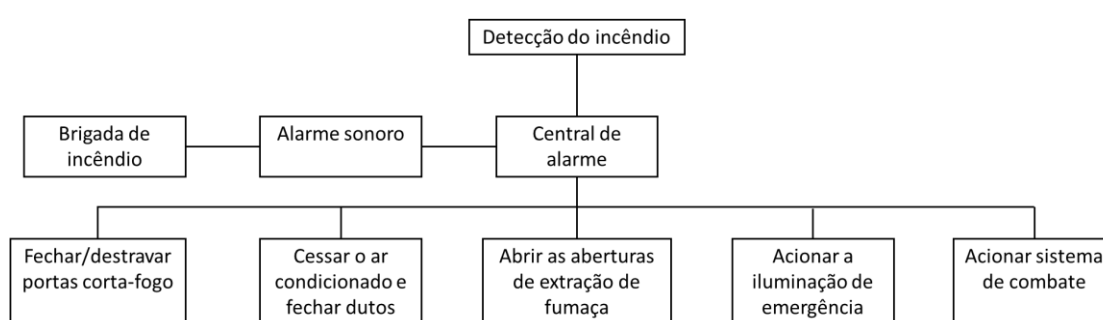
Figura 5- Sistema de segurança contra incêndio



Fonte: Nogueira, 2018

Dentro do sistema de segurança contra incêndio, o foco desta pesquisa são as proteções ativas em estruturas, que podem ser divididas em manuais e automáticas. O sistema manual necessita da ação humana para a operação, diferentemente dos dispositivos automáticos, que operação independente da ação humana. Uma forma de operação automática pode ser ilustrada pela Figura 6, em que após a detecção, a central de incêndio emite sinal para a execução de ações de combate, como acionar brigada, ativar alarme, fechar/destravar portas corta-fogo, cessar o ar-condicionado e fechar dutos, abrir as aberturas de extração de fumaça, acionar iluminação de emergência, e acionar o sistema de combate.

Figura 6- Sistema de proteção ativa

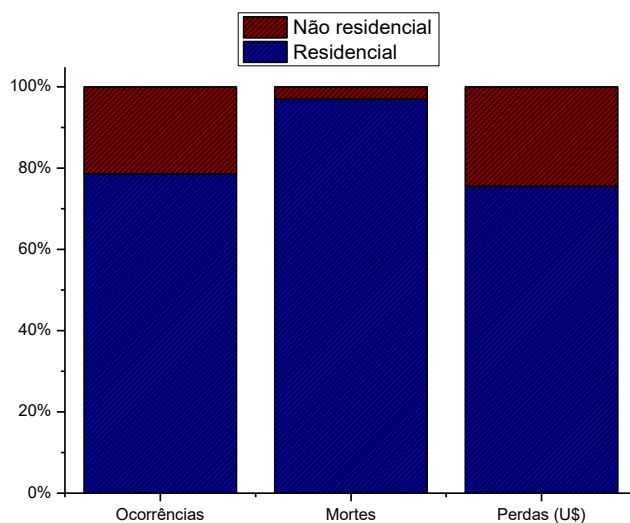


Fonte: Sá, 2021

3.2.1 Características dos incêndios em estruturas

Os incêndios em estruturas são aqueles que envolvem elementos estruturais como alvenaria, metal, concreto, madeira, e podem ser divididos em duas categorias: residencial (incluindo residências unifamiliares e bifamiliares, residências multifamiliares e outros edifícios residenciais) e não residencial (incluindo propriedades industriais e comerciais, instituições, instituições educacionais estabelecimentos, propriedades móveis e propriedades de armazenamento) (USFA, 2019). Em 2018, apenas nos Estados Unidos, ocorreram cerca de 379.600 incêndios, provocando em torno de 2.790 mortes e um prejuízo financeiro de 8,2 aproximadamente bilhões de dólares, nos incêndios em estruturas residenciais. Já para estruturas não residenciais, ocorreram cerca de 103.600 incêndios, causando 85 mortes e um prejuízo de 2,7 bilhões de dólares, no ano de 2018 nos Estados Unidos. A Figura 7 ilustra, em porcentagem, as ocorrências, morte e perdas dos incêndios residenciais e não residenciais.

Figura 7- Distribuição dos Incêndios residenciais nos Estados Unidos



Fonte: Baseado na USFA, 2020

O aumento da temperatura provocado pelos incêndios, provoca a redução da resistência mecânica e o módulo de elasticidade dos elementos estruturais, que pode culminar no colapso da edificação. Assim, é importante destacar alguns aspectos relacionados a este tipo de incêndio, como carga de incêndio, que impacta diretamente na severidade do fogo; presença de aberturas para ventilação, que influencia na disponibilidade do comburente; presença de elementos isolantes de compartimentação, como revestimentos térmicos em pisos e paredes que reduz a propagação do fogo .

Para evitar o risco de colapso estrutural, deve-se atender a norma NBR 14432, que sugere a determinação do Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF), que estabelece o tempo mínimo que os elementos estruturais devem resistir ao incêndio. Desta forma, o TRRF deve ser igual ou superior ao tempo de resistência ao fogo (TRF) do elemento estrutural. A determinação do TRF pode ser obtida de três formas distintas, por meio de ensaios em laboratórios, também pode ser definido mediante consulta em tabelas disponibilizada na norma NBR 14432, ou a partir de modelos analíticos, em que é calculado o tempo equivalente, que de acordo a NBR 14432, consiste no “tempo, determinado a partir do incêndio-padrão, necessário para que um elemento estrutural atinja a máxima temperatura calculada por meio do incêndio natural considerado”. Pode ser calculado com a Eq. 1 (SEITO et al., 2008).

$$t_e = q_{fi} \gamma_n \gamma_s K W M$$

Eq. 1

em que,

t_e = tempo equivalente (minutos);

q_{fi} = valor característico da carga de incêndio específica (MJ/m²);

γ_n = coeficiente adimensional que leva em conta a presença de medidas de proteção ativa da edificação;

γ_s = coeficiente de segurança que depende do risco de incêndio e das consequências do colapso da edificação;

K = fator associado às características do material de vedação do compartimento [min m₂ /MJ];

W = fator associado à ventilação e à altura do compartimento;

M = fator que depende do material da estrutura ($M = 1$, para aço com revestimento contrafogo ou concreto e $M = 13,7 v$, para aço sem revestimento).

No caso de o material em análise ser aço sem revestimento térmico, tem-se:

$$v = \frac{A_v \sqrt{h}}{A_t} \quad \text{Eq. 2}$$

em que,

v = grau de ventilação do compartimento calculado;

A_v = área total de aberturas verticais (m²);

h = altura média das janelas (m);

A_t = área total do compartimento (paredes, teto e piso, incluindo aberturas) (m²).

O fator W , referente a ventilação do local, é calculado a partir da Eq. 3.

$$W = \left(\frac{6}{H}\right)^{0,3} \left[0,62 + \frac{90(0,4 - \frac{A_v}{A_f})^4}{1 + 12,5(1 + 10\frac{A_v}{A_f})\frac{A_h}{A_f}} \right] \geq 0,5 \quad \text{Eq. 3}$$

em que,

H = altura do compartimento (m);

A_v = área de ventilação vertical (janelas, portas e similares) (m²);

A_f = área do piso (m²);

A_h = área de ventilação horizontal - piso (m²).

Os fatores $q_{fi}, \gamma_n, \gamma_s, K$ e M da Eq. (1), são tabelados, e podem ser obtidos pela NBR 14432, de acordo as características do local em estudo. Observando o fator γ_n , verifica-se que o uso de proteções ativas, impacta no tempo equivalente, que pode contribuir para a redução dos custos nas obras, ou até mesmo viabilizar a utilização de uma edificação já construída.

3.2.2 Aspectos normativos

A Segurança Contra Incêndio no Brasil apresenta cerca de 74 normas técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e CB24 – Comitê Brasileiro de Segurança Contra Incêndio. A norma regulamentadora que trata sobre proteção contra incêndio no Brasil é a NR 23, que destaca a importância da proteção contra incêndio, saídas de emergência para rápida evacuação das pessoas, equipamentos adequados para combater o fogo no seu início e treinamento do pessoal para adequada ação em caso de incêndio. Porém, a NR23 não apresenta um nível de detalhamento suficiente para a execução do projeto. Neste sentido, as leis, os decretos, as regulamentações, as normas técnicas e as especificações técnicas, operam de forma harmônica, dando maior nível de detalhamento de forma específica para cada área da SCI. No entanto, não existe um Código Nacional, com isso cada estado legisla de forma independente, tendo divergências entre eles. O Quadro 6 apresenta os Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico adotados em cada estado.

Quadro 6- Regulamento de cada Estado Brasileiro sobre a Segurança Contra Incêndio

Estado	Regulamento
Acre	Decreto nº 410/94
Alagoas	Portaria nº 178/2013
Amapá	Decreto nº 21.361/2000
Amazonas	Decreto nº 24.054/2004
Bahia	Decreto nº 16.302/2015
Ceará	Norma Técnica nº 001/2008
Distrito Federal	Decreto nº 21.361/2000
Espírito Santo	Decreto nº 3823-R/2015
Goiás	Lei Estadual nº 8.399/2005
Maranhão	Lei Estadual nº 6.546/1995
Mato Grosso	Lei Estadual 10.402/2016
Mato Grosso do Sul	Lei Estadual nº 4.355/2013
Minas Gerais	Decreto nº 46595/2014
Pará	Decreto nº 357/2007
Paraíba	Norma Técnica nº 04/2013
Paraná	CSCIP 2014
Pernambuco	Decreto nº 46.658/2018
Piauí	Lei Estadual nº 5.483/2005
Rio de Janeiro	Decreto nº 42/2018
Rio Grande do Norte	Lei Complementar Nº 601/2017
Rio Grande do Sul	Decreto nº 51.803/2014
Rondônia	Decreto nº 8987/2000
Roraima	Lei Complementar nº 82/2004
Santa Catarina	Instrução Normativa nº 001/2015
São Paulo	Decreto Estadual 56.819/2011
Sergipe	Orientação Técnica Normativa nº 001/2013
Tocantins	Lei Estadual nº 2.544/2011

Fonte: Rodrigues (2016)

Os códigos apresentados no Quadro 4 baseiam-se na carga de incêndio, que estima em quanto tempo o material vai queimar, uma maneira para analisar de forma mais realista o comportamento do fogo é a partir da taxa de calor liberado, que consiste na energia liberada pelo material em combustão em função do tempo, no entanto para a realização deste tipo de análise é necessário o entendimento da ciência do fogo (MOROSKI; VASATA; MENDES, 2019). Baseado na classificação do tipo de edificação e nas suas dimensões são listadas as medidas de segurança contra incêndio necessárias, e para cada tipo de medida deve-se consultar as normas relacionadas. As principais normas brasileiras sobre produtos de segurança contra incêndio são listadas no Quadro 7.

Quadro 7- Normas dos principais produtos de segurança contra incêndio

Produto de Segurança contra Incêndio	Norma ABNT	Título	Instrução técnica (São Paulo)
Extintores portáteis	ABNT NBR 15808:2013	Extintores de incêndio portáteis	IT 21
Extintores sobre rodas	ABNT NBR 15809:2013	Extintores de incêndio sobre rodas	IT 21
Indicador de pressão	ABNT NBR 15808:2013	Extintores de incêndio portáteis	IT 21
Pó para extintor de incêndio	ABNT NBR 9695:2012 versão corrigida: 2014	Pó para extinção de incêndio	IT 21
Mangueira de incêndio	ABNT NBR 11861:1998	Mangueira de incêndio- Requisitos e métodos de ensaio	IT 22
Drywall corta-fogo	ABNT NBR 10636:1989	Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo	IT 09
Porta corta-fogo comercial	ABNT NBR 11742:2003	Porta corta-fogo para saída de emergência	IT 09
Porta corta-fogo unidades autônomas	ABNT NBR 15281:2005	Portas corta-fogo para entrada de unidades autônomas e de compartimentos específicos de edificações	IT 09
Porta corta-fogo industrial	ABNT NBR 11711:2003	Portas e vedadores corta-fogo com núcleo de madeira para isolamento de riscos em ambientes comerciais e industriais	IT 09
Sinalização de emergência	ABNT NBR 13434-3:2005	Sinalização de segurança contra incêndio e pânico parte 3: Requisitos e métodos de ensaio	IT 20
Chuveiros automáticos	ABNT NBR 16400	Chuveiros automáticos para controle e supressão de incêndio- Especificações e métodos de ensaio	IT 23
Líquido gerados de espuma	ABNT NBR 15511	Líquido gerados de espuma (LGE) de baixa expansão para combate a incêndio em combustíveis líquidos	IT 25
Acessórios para corta-fogo	ABNT NBR 13768:1997	Acessórios destinados à porta corta-fogo para saída de emergência – Requisitos	IT 22
Esguicho regulável	ABNT NBR 14870-1:2013	Esguicho para combate a incêndio – Parte 1: Esguicho básico de jato regulável	IT 22
União de mangueiras	ABNT NBR 14349:1999	União para mangueiras de incêndio- Requisitos e métodos de ensaio	IT 22

Quadro 7- Normas dos principais produtos de segurança contra incêndio

Produto de Segurança contra Incêndio	Norma ABNT	Título	Instrução técnica (São Paulo)
Tubulação CPVC	ABNT NBR 15647	Tubos e conexão de poli (cloro de vinila) clorado (CPVC) para sistemas de proteção- Requisitos e métodos de ensaio	IT 23
Central de alarme e detecção	ABNT NBR 7240-2:2012	Sistemas de detecção e alarme de incêndio Parte 2: Equipamentos de controle e de indicação	IT 19
Acionadores manuais de alarme	ABNT NBR 7240-11:2012	Sistemas de detecção e alarme de incêndio Parte 11: Acionadores manuais	IT 19
Dispositivos de alarme sonoro	ABNT NBR 7240-3:2015	Sistemas de detecção e alarme de incêndio Parte 3: Dispositivos de alarme sonoro	IT 19
Dispositivos de alarme visual	ABNT NBR 7240-23:2016	Sistemas de detecção e alarme de incêndio Parte 23: Dispositivos de alarme visual	IT 19
Fontes de alimentação para centrais de alarme	ABNT NBR 7240-4:2013	Sistemas de detecção e alarme de incêndio Parte 4: Fontes de alimentação	IT 19
Detectores de fumaça por dispersão de luz ou ionização	ABNT NBR 7240-7:2015	Sistemas de detecção e alarme de incêndio Parte 7: Detectores pontuais de fumaça utilizando dispersão de luz ou ionização	IT 19
Detectores pontuais de temperatura	ABNT NBR 7240-5:2014	Sistemas de detecção e alarme de incêndio Parte 5 Detectores pontuais de temperatura	IT 19
Cilindro de aço para extintor de CO2	ABNT NBR 16357:2015	Cilindro de aço, sem costura, para fabricação de extintores de incêndio portáteis e sobre rodas de até 10 kg de CO2- Requisitos e métodos de ensaio	IT 21
Válvulas e acessórios para hidrantes	ABNT NBR 16021:2011	Válvula e acessórios para hidrantes – Requisitos e métodos de ensaio	IT 22
Cilindros para gás limpo	NBR/ISSO 9808-1:2015	Cilindros para gases – cilindros de aço sem costura, recarregáveis para gases – Projeto, construção e ensaio – Parte 1: cilindros de aço temperado e revenido com resistência à tração inferior a 1.100MPa	IT 26
Cilindros para gás limpo	NBR/ISSO 9808-2:2015	Cilindros para gases – cilindros de aço sem costura, recarregáveis para gases – Projeto, construção e ensaio – Parte 2: cilindros de aço temperado e revenido com resistência à tração superior a 1.100MPa	IT 26
Cilindros para gás limpo	NBR/ISSO 9808-3:2015	Cilindros para gases – cilindros de aço sem costura, recarregáveis para gases – Projeto, construção e ensaio – Parte 3: cilindros de aço normalizado	IT 26
Sistema de iluminação de emergência centralizado por baterias	ABNT NBR 10898:2013	Sistemas de iluminação de emergência	IT 18
Hidrantes urbanos	ABNT 5667-1:2006	Hidrantes urbanos de incêndio de ferro fundido dúctil. Parte 1: Hidrante de coluna	IT 22
Sistema de hidrantes e mangotinhos	ABNT NBR 13714:2000	Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio	IT 22

Fonte: Cicerelli (2018)

As normas apresentadas no Quadro 7 constituem o nível básico da Segurança contra incêndio, que corresponde às medidas exigidas pelo Corpo de Bombeiros. Além das exigências expressas nas normas, pode-se incorporar sistemas de proteções que extrapolam as exigências dos Corpos de Bombeiros, que corresponde ao nível intermediário de segurança, geralmente são cobranças de seguradoras, e os sistemas possuem certificação UL e FM Global. Já o nível avançado corresponde a sistemas sob medida, unindo os níveis básico e intermediário aplicado à ciência do fogo (FERREIRA, 2020).

As normas brasileiras de segurança contra incêndio podem ser melhoradas por meio da adoção de critérios de estudos avançados sobre a prevenção de incêndio, divulgados em patentes e artigos científicos, livros e normas americanas, com a NFPA (*National Fire Protection Association*) que é a referência no mundo (FERREIRA, 2017).

Atualmente as normas relacionadas à segurança contra incêndio são prescritivas. Segundo Coelho (2006), a norma prescritiva apresenta as vantagens de ser de fácil compreensão e aplicação, não necessitando um avançado conhecimento na área. Por outro lado, estas normas conduzem a soluções padrões, dificultando a aplicação de soluções eficazes e inovações tecnológicas de acordo com as peculiaridades de cada situação. Esta rigidez desmotiva a busca por alternativas com menor custo-benefício, e a qualificação dos projetistas e agentes fiscalizadores. O Quadro 8 apresenta as vantagens e desvantagens dos códigos de caráter prescritivo.

Quadro 8- Vantagens e desvantagens dos códigos de caráter prescritivo

Vantagens	Desvantagens
Análise direta e aplicação do que está estabelecido no regulamento	Recomendações sem os objetivos declarados, com apenas uma solução definida e pouco flexíveis à inserção de inovações
Não são necessários engenheiros com a qualificação específica	Torna impossível e desmotiva a busca por projetos mais eficientes com menores custos
Os agentes públicos de análise e fiscalização não necessitam de elevada qualificação na área	Desmotiva a qualificação dos projetistas e dos agentes de fiscalização que somente "cumprem o que está escrito"

Fonte: Tavares et. al., 2002

Negrisola (2011) apresenta um modelo híbrido ou de transição que consiste em um regulamento que declara os objetivos e determina os parâmetros finais a serem alcançados, de modo que o projetista tenha flexibilidade nas soluções e possa identificar na norma sugestões de métodos consolidados com objetivo de orientar os projetistas menos experientes.

Outro ponto importante são os regulamentos baseados em desempenho, que podem ser conceituados como regulamentos funcionais, baseado na aplicação da

engenharia de segurança contra incêndio, nos conhecimentos científicos e tecnológicos, considerando o custo-benefício conforme os objetivos preestabelecidos, levando em conta todos os possíveis cenários de incêndio (SILVA; PANNONI, 2008).

Para Tavares et al. (2002) a adoção de códigos baseados em desempenho precisa de uma transição prévia com avaliações frequentes, em que a efetividade para sua implantação depende de diversos fatores no país, como aspectos culturais, econômicos, políticos e outros. O Quadro 9 apresenta as vantagens e desvantagens dos regulamentos baseados em desempenho.

Quadro 9- Vantagens e desvantagens dos regulamentos baseados em desempenho

Vantagens	Desvantagens
Flexibilidade na introdução de soluções inovadoras	Dificuldade em definir critérios quantitativos
Fácil harmonização com códigos e normas internacionais	Necessidade de treinamento e ensino, especialmente durante a implementação
Possibilidade de projetos seguros com custo menor	Dificuldade para análise e fiscalização
Incentivo à introdução de novas tecnologias no mercado	Dificuldade na validação das metodologias usadas para a quantificação

Fonte: Tavares et. al., 2002

Além das limitações normativas, é importante ressaltar que o país possui um problema com a certificação dos produtos de Segurança Contra Incêndio. Este é um fator de relevância para esta categoria de produtos, visto que a falha ou mau funcionamento, provocadas pela utilização de produtos de baixa qualidade, acarretam sérias consequências na segurança das pessoas e patrimônios. Apesar da certificação não resolver todos os problemas relacionados à qualidade, é um passo importante para aumentar o nível de confiabilidade dos sistemas de combate a incêndio (CICERELLI, 2018).

A certificação pode ser entendida como um mecanismo de avaliação da conformidade por excelência, em que deve ser realizada por uma terceira parte, que são agentes independentes que não possuem relação com o empreendimento. No Brasil a acreditação é feita pelo INMETRO por determinação do Decreto Federal nº 7938/2013. O processo de certificação pode ocorrer de formas distintas, a partir da avaliação do produto durante a fabricação e o pós-venda, e também em função do sistema de gestão da empresa, assegurando a rastreabilidade do produto (CICERELLI, 2018).

A certificação pode ser de forma compulsória ou voluntária. A certificação compulsória é exigida por órgãos públicos, por concluir que os produtos, processos ou serviços podem oferecer riscos à saúde e à segurança, ou podem provocar perdas econômicas para a sociedade. A certificação de forma voluntária é de iniciativa do fornecedor, no intuito de agregar valor aos seus negócios, como fator de vantagem

competitiva. A certificação voluntária pode ser realizada a partir de programas regulamentados pelo INMETRO ou não regulamentados pelo INMETRO (INMETRO, 2015). Sendo que a certificação é compulsória apenas para os extintores de incêndio. Além dos extintores, o INMETRO regulamenta somente as mangueiras de incêndio, no entanto para mangueiras de incêndio a certificação é voluntária (CICERELLI, 2018).

Um limitante para a certificação de produtos de segurança contra incêndio no Brasil é o número de organismos acreditadores. Por exemplo, em consulta realizada na página do INMETRO em junho de 2022, verificou-se apenas seis Organismos de Certificação de Produtos (OCP) de Incêndio regulamentados, sendo dois OCP localizados no Rio de Janeiro e quatro em São Paulo.

Esse reduzido número de OCP permite que fabricantes e importadores criem programas fora do SINMETRO, com objetivo de melhorar a qualidade dos produtos e regular o mercado. Porém, programas de qualificação, fora do que é preconizado pelo SINMETRO e sem a devida fiscalização de órgãos públicos, podem não apresentar eficácia satisfatória. Além disso, esta lacuna dá margem à comercialização de produtos sem certificação, que podem ter vantagem devido ao preço mais baixo.

3.2.3 Tecnologias de combate a incêndio

Com base no artigo de revisão, realizado por Lima et al. (2021b), verificou-se que, a partir da análise dos documentos de patentes, as tecnologias consolidadas no mercado, como extintor de incêndio e sprinkler, possuem elevado número de patentes com *status* de expirada, indicando que o conhecimento tecnológico destes sistemas encontram-se em domínio público. No entanto, tecnologias como drone e extintor sônico, apresentam elevada porcentagem de patentes ativas, isso indica que são tecnologias emergentes e o conhecimento tecnológico está sob proteção.

Dentro destas soluções, os drones apresentam grande potencial de aplicação, tendo como principais vantagens: facilidade de acesso, tanto em ambientes urbanos quanto rurais, podendo operar em cenários adversos, como em prédios altos ou incêndios florestais, por exemplo. O drone consegue agir no foco do incêndio, levando a uma extinção mais rápida e eficiente, além de garantir a segurança dos profissionais durante a extinção (INNOCENTE; GRASSO, 2019). Já o sistema de extinção por meio de ondas sonoras, mesmo estando em desenvolvimento e sem histórico de aplicação no mercado, também apresenta elevado potencial, pois é um tipo de extinção ambientalmente correta, que não gera resíduos, pois promove a supressão do fogo a partir da movimentação do ar,

podendo ser aplicado em diferentes ambientes (PANCHPOR; VAIDYA; PATKAR, 2019).

A análise das patentes permitiu observar também as diferentes tecnologias que estão sendo embarcadas nos produtos para melhorar a sua eficiência. Há uma necessidade crescente de desenvolvimento de tecnologias de combate a incêndio, devido sua grande importância para a sociedade. Alinhado a isso, existe uma tendência mundial da utilização da Inteligência Artificial nas mais variadas atividades humanas (WIPO, 2019). Esta linha de desenvolvimento tecnológico, é fortemente aderente às necessidades da área de combate a incêndio. O Sistema Global de Informações sobre Incêndios (GWIS) disponibiliza um *dataset* com informações a nível global de incêndio que caracteriza os tipos e regimes de incêndio em todo o mundo, possibilitando assim o desenvolvimento de produtos com inteligência artificial embarcada, que consiga combater sinistros de forma cada vez mais efetiva (ARTÉS, et al., 2019).

Outra vertente de elevada aderência à problemática é o desenvolvimento de novos materiais. Exemplo da aplicação da nanotecnologia em sistemas de supressão do fogo, como: extintores de incêndio e sistemas de extinção de circuitos fechados. Com o intuito de fornecer uma abordagem mais universal e eficaz para extinguir os incêndios em todas as etapas. A nanotecnologia pode ser utilizada também para a fabricação de equipamentos e roupas de combate a incêndios. Com objetivo de elevar a resistência e a durabilidade das fibras para resistir melhor a incêndios e alta energia térmica (OLAWOYIN, 2018).

Assim, pode-se inferir que o incêndio é um fenômeno em que o comportamento depende de uma série de fatores, fazendo com que cada incêndio seja único. Realizar um estudo de mapeamento de risco nos incêndios é fundamental, no entanto, apresenta elevada complexidade visto que é uma ciência recente e em transição no Brasil, verifica-se que as normas são fundamentadas pela carga de incêndio, e possui aspecto prescritivo, propondo condições mínimas, que não necessariamente garantem a segurança das pessoas e dos bens, assim é recomendado que os projetos sejam concebidos sob a ótica da ciência do fogo. Essa abordagem vai além de apenas atender normas, e sim proteger pessoas e patrimônios dos riscos de incêndio para diferentes cenários, o que a norma ainda não contempla. Mas para que isso aconteça é necessária a aplicação da Engenharia de Segurança Contra Incêndio em projetos baseados em desempenho, que promovam maior conformidade e flexibilização. A flexibilização das soluções incentiva a inovação, o desenvolvimento de novos produtos, introdução de soluções tecnológicas, por exemplo.

Em suma, as informações apresentadas até então, tem o intuito de evidenciar a área em estudo, que combina os métodos de desenvolvimento de produto, e segurança contra incêndio, que é a base teórica para o entendimento da presente pesquisa.

As informações apresentadas mostram que existe oportunidade para o desenvolvimento de um modelo de desenvolvimento de produtos com ênfase em sistemas de combate a incêndio de estruturas. Estas observações estão em consonância com o modelo baseado em desempenho, o qual preconiza que a definição das necessidades e expectativas de todas as partes envolvidas no processo, deverão ser satisfeitas no projeto dos sistemas de combate a incêndio.

3.3 Considerações Finais do referencial teórico

A partir das pesquisas realizadas para a construção do referencial teórico, foram feitas algumas constatações que fundamentam a necessidade da construção de um modelo de apoio ao desenvolvimento de soluções de combate a incêndio. Estas constatações estão sintetizadas pelo Quadro 10.

Quadro 10- Constatações do referencial teórico

Constatações	1. Modelos de desenvolvimento de produtos são generalistas
	2. O sistema de segurança contra incêndio é baseado em normas
	3. Normas são prescritivas
	4. Necessidade de considerar o conhecimento de especialistas no desenvolvimento deste tipo de equipamentos
	5. Necessidade de organização do conhecimento
	6. Há poucas inovações neste segmento de mercado, e limitadas alternativas para atender às necessidades dos clientes

Fonte: Autoria própria

Constatação 1: Conforme destacado no Quadro 10, verifica-se que os modelos de desenvolvimento de produtos são generalistas. Não foi encontrado um modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos orientado aos sistemas de combate a incêndio, considerando o conhecimento dos especialistas, normas, tecnologias e informações da literatura, como apresentado no Apêndice 1.

Constatação 2: O sistema de segurança contra incêndio no Brasil é baseado em normas, mas em alguns casos há necessidade de os projetos serem baseados em desempenho, para que sejam mais conformes com as necessidades de proteção do local (TAVARES, 2002; RODRIGUES, 2016).

Constatação 3: Atraso nos aspectos normativos, as normas não são atualizadas frequentemente, incorporando as mudanças da área. Além disso, não há um código

Nacional de Segurança contra Incêndio, assim cada estado legisla sobre o assunto de forma independente, o que dificulta o avanço de maneira uniforme por todo país (RODRIGUES, 2016).

Constatação 4: – Necessidade de considerar o conhecimento de especialistas no desenvolvimento soluções de combate a incêndio. Pois o conhecimento dos especialistas não está disponibilizado, de modo a favorecer a difusão do conhecimento e melhoria no desenvolvimento de soluções (BLACK; REPENNING, 2001).

Constatação 5: Necessidade de organização do conhecimento para que empresas e pesquisadores possam vir a desenvolver produtos na área. Considerando o conhecimento dos especialistas, normas, tecnologias e informações da literatura, para que as soluções sejam mais conformes.

Constatação 6: Os produtos de combate incêndio não acompanham as alterações das necessidades dos clientes, avanço da arquitetura, peculiaridades dos ambientes, o que inviabiliza aplicar as formas tradicionais de proteção nos diferentes ambientes. Pois há poucas inovações neste segmento de mercado, e limitadas alternativas para atender às necessidades dos clientes (LI; CHE, 2014).

A seguir será apresentado o método proposto para o desenvolvimento desta Tese, o qual descreve como cada objetivo específico será executado, de modo que se alcance o objetivo geral do trabalho que é de “Propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas”.

4 ESTUDOS DE CASOS

A presente seção apresenta os resultados obtidos a partir da execução do procedimento metodológico descrito na seção 3. Inicialmente é apresentada a análise dos estudos de casos realizados, evidenciando os aspectos positivos e as lacunas identificadas. Com base nestas evidências será proposto, no Capítulo 5, um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas.

4.1 Estudo de caso 1: Empresa X

O presente projeto ocorreu no ano de 2016, entre os meses de agosto e dezembro. O problema da Empresa X é proveniente da forma convencional dos *sprinklers* de combate a incêndio, que apresenta alguns inconvenientes, como a extensiva necessidade de água, sendo necessário construir um reservatório técnico de segurança, instalar tubulações por todo local, além dos danos provocados no ambiente durante a extinção do fogo, como inundação do local e perdas do patrimônio pela água.

Identificado este problema, a Empresa X elaborou um projeto informacional e conceitual para o desenvolvimento de uma solução. O método empregado baseou-se no modelo proposto por Rozenfeld et. al (2006), contemplando o projeto informacional e o projeto conceitual. O Quadro 11 detalha as atividades, tarefas e métodos empregados no projeto informacional.

Quadro 11- Detalhamento das atividades, tarefas e métodos empregados no projeto informacional

Atividades	Tarefas	Métodos e ferramentas
Definir escopo	Compreender o problema Analisar tecnologias disponíveis e necessárias Identificar normas/ legislações vigentes Pesquisar concorrentes e similares	Revisão da literatura
Detalhar ciclo de vida (CV)	Refinar ciclo de vida do produto Identificar clientes (internos, intermediário e externos)	Desdobramento do ciclo de vida do produto
Mapear necessidades dos clientes	Identificar as necessidades dos clientes em cada fase do CV Categorizar as necessidades Converter as necessidades em requisitos do produto	Entrevista com potenciais clientes
Definir os requisitos do produto	Analisar e classificar os requisitos do produto Priorizar requisitos	Desdobramento da Função Qualidade (QFD)
Elaborar conjunto de especificações-meta	Definir parâmetros quantitativos e mensuráveis do produto Analisar mercado e Tecnologias Analisar restrições Definir especificações-meta	Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

Fonte: Autoria própria

Com o desenvolvimento do projeto informacional, verificou-se, que os requisitos mais importantes, a partir do desdobramento da função qualidade (QFD), são: Tempo de detecção, acionamento e extinção, sendo que quanto menor o tempo melhor; o segundo requisito melhor pontuado é o número de operações autônomas, como monitoramento, controle, detecção e acionamento, neste caso quanto maior o número de operações autônomas melhor; o terceiro requisito de destaque é o número de intervenções estruturais, com o intuito de minimizar o impacto na estrutura para a instalação do sistema. Com o conjunto de especificações-metas elaboradas, iniciou-se o desenvolvimento do projeto conceitual. As atividades, tarefas e métodos empregados no projeto conceitual são ilustrados no Quadro 12.

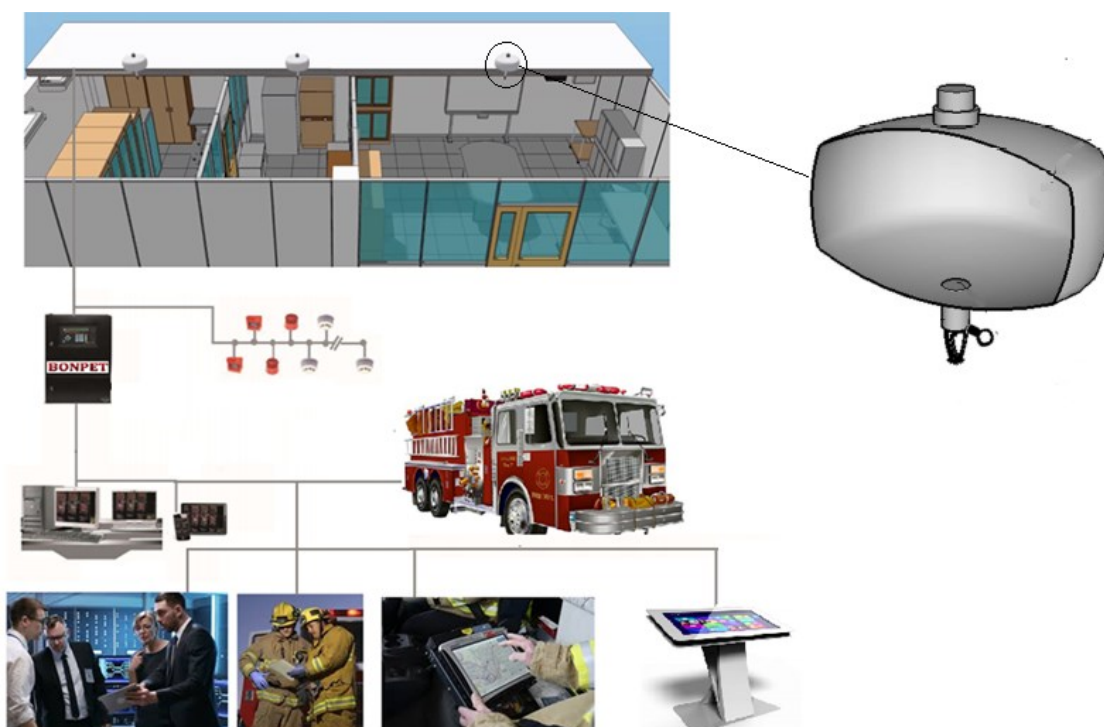
Quadro 12- Detalhamento das atividades, tarefas e métodos empregados no projeto conceitual

Atividades	Tarefas	Métodos e ferramentas
Modelar o produto funcionalmente	Analisar as especificações -meta Identificar as funções Especificar a função global Criar estruturas funcionais alternativas Selecionar estrutura funcional	Função Global Sínteses Funcionais
Desenvolver princípios de soluções para o produto	Definir efeitos físicos Definir portadores de efeitos	Matriz morfológica
Definir arquitetura do produto	Combinar soluções para as funções destacadas na matriz morfológica	Geração de conceitos
Selecionar a concepção do produto	Analisar as concepções alternativas Valorar as concepções alternativas Selecionar a concepção	Matriz de decisão
Analisar conceito selecionado	Avaliar o atendimento dos requisitos	Matriz de atendimento dos requisitos

Percorrida as atividades evidenciadas no Quadro 12, chegou-se ao conceito de um sistema modular de combate a incêndio com sistema de monitoramento e controle embarcado. A solução contempla os principais requisitos, como tempo de detecção, acionamento e extinção, pois possuem sensores integrados para a rápida detecção, e o acionamento pode ser feito manualmente, a partir da expansão do líquido termosensível presente na ampola ou por acionamento automático por meio de uma central. As operações autônomas foram previstas a partir de uma central de monitoramento e controle, que detecta por meio de sensores e aciona o sistema de combate por meio de atuadores. E para satisfazer o requisito de baixa intervenção estrutural, o sistema foi concebido de forma modular, logo não necessita de tubulações, nem de reservatório de água. Para se tornar compacto, o produto utiliza um agente extintor cerca de 20 vezes

mais eficiente que a água, necessitando de uma quantidade substancialmente menor de agente extintor para conter o fogo. A solução é ilustrada na Figura 8.

Figura 8- Ilustração da solução desenvolvida na empresa X



Fonte: Autoria própria

Observando a Figura 8, verifica-se a ilustração do sistema modular instalado no ambiente, integrado ao sistema modular de combate. Existe uma central de supervisão que faz a comunicação entre os mecanismos de monitoramento, detecção, alarme e extinção do fogo. A central de supervisão também pode emitir comandos, como avisar para os responsáveis pela edificação e o Corpo de Bombeiros a presença do fogo, entre outros. Os principais resultados obtidos com este projeto foram: Aprovação no EDITAL 008/2016 - SUBVENÇÃO ECONÔMICA - PAPPE INTEGRAÇÃO e depósito de patente: BR 102017013673-6 A2, apesar de não ser um resultado direto da tese, a execução deste projeto contribuiu substancialmente para a melhor compreensão da área e identificação dos aspectos positivos e lacunas.

4.2 Estudo de caso 2: Sistemas de combate a incêndio em prédios históricos

O presente projeto foi realizado no ano de 2020, entre os meses de fevereiro a abril, abordando um problema da área de segurança contra incêndio que consiste na extinção de incêndio em prédios históricos (ALVES, 2003; ANDRADE; SOUZA, 2008).

Neste contexto verifica-se que a própria arquitetura da instalação impõe uma série de restrições. O que limita a aplicação de soluções existentes, como por exemplo o *sprinkler* de água tradicional, pois os acervos presentes nestes prédios são danificados em contato com a água, podendo destruí-los assim como o fogo. Além disso, por serem estruturas históricas não suportam intervenções invasivas, como a passagem de tubulação, instalação de uma reserva técnica de água e estação de bombas. Outro aspecto que deve ser considerado é o valor histórico da arquitetura, elementos tombados que não permitem alterações em sua forma. O projeto foi executado em 3 etapas, conforme apresentado no Quadro 13.

Quadro 13- Etapas do desenvolvimento da solução para prédios históricos

Etapas	Tópicos	Subtópicos
Etapa 1	Introdução	Classe de incêndio
		Agentes extintores
	Definição do Sistema-Problema	Contextualização
		Mercado
		Interfaces
		Pesquisa de Propriedade Intelectual
	Ciclo de Vida e Clientes/Atores	Demanda/Oportunidade:
		Desenvolvimento e projeto
		Fabricação e Montagem:
		Transporte e Estocagem:
		Venda e Compra:
		Instalação:
		Uso:
		Manutenção:
Atualização/Upgrade:		
Desmobilização:		
Reuso, Reciclagem e Descarte:		
Identificação das Necessidades dos Clientes		
Concorrentes e Similares		
Normas e Legislação		
Modelo CANVAS do Negócio		
Etapa 2	Identificação dos clientes, compilação das necessidades e identificação dos requisitos	Qualificação dos requisitos para aplicação no QFD
		Aplicação do QFD
	Resultados do QFD	
Etapa 3	Função Global	
	Síntese Funcional	
	Matriz Morfológica	
	Método TRIZ	
	Geração de Conceitos	
	Seleção de Conceito	
	Detalhamento do Conceito	

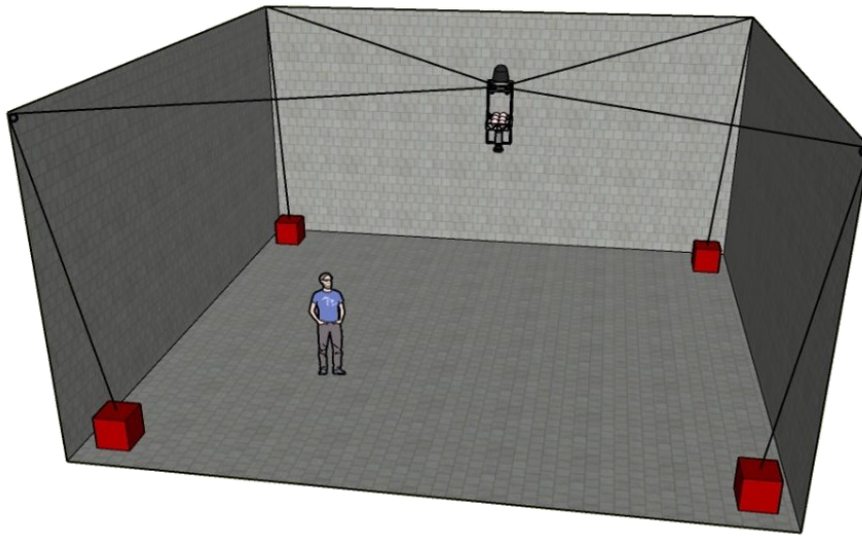
Fonte: Autoria própria

Com a realização da etapa 1, foi possível analisar o problema e suas interfaces, explorar o Ciclo de Vida e Clientes/Atores, identificar as necessidades dos clientes, mapear os concorrentes e soluções similares, verificar as principais normas e legislação e por fim modelar o CANVAS, Modelo de negócio. Estas informações deram fundamentação para a estruturação da segunda etapa.

A etapa 2 iniciou com o preenchimento da matriz QFD, em que observou-se que os requisitos com maior pontuação são: custo de aquisição, custo de manufatura, tempo de acionamento e número de ações de monitoramento e controle. Considerando os principais requisitos e as restrições como: não se deve usar água como agente extintor, devido à presença do acervo histórico/cultural de valor inestimável; e a instalação do sistema não deve apresentar elevadas intervenções na estrutura, pois os prédios são históricos, tendo arquitetura tombada ou com limitações estruturais. Por fim, foram descritas as especificações-meta para a solução e em seguida iniciou-se a terceira etapa.

Na etapa 3 as informações foram se concretizando a partir da definição da função global e síntese funcional, na sequência as soluções para as funções do sistema foram exploradas por meio da matriz morfológica. Para buscar solucionar os conflitos inventivos, utilizou-se a Matriz TRIZ. A partir disso, os conceitos foram gerados, pontuados e assim foi selecionado um conceito com maior potencial, considerando os requisitos do projeto. Sendo este um sistema de cabos suspensos, que opera com quatro guinchos motorizados posicionados em cada extremidade do ambiente, cada um dos quais controla um cabo Kevlar conectado a um suporte. Ao controlar o enrolamento e desenrolamento dos cabos, o sistema consegue alcançar qualquer posição no espaço tridimensional. Este tipo de sistema é aplicado para filmagem de eventos esportivos, denominadas de “*spidercam*”, porém ao invés da câmera de vídeo, será acoplado um dispositivo inteligente de supressão de incêndio. O dispositivo é composto por uma câmera infravermelho, um processador embarcado, responsável pela movimentação do sistema e liberação do agente extintor, e um suporte que condiciona os elementos de extinção. A Figura 9 apresenta o esquema de instalação do sistema.

Figura 9- Ilustração da solução concebida



Fonte: Autoria própria

É importante salientar que, a instalação é simples, necessitando apenas dos cabos suspensos e da fixação do conjunto de roldanas nas extremidades do local, onde geralmente há pilares, e também deve-se instalar os motores que promovem a movimentação, estes podem ser posicionados no chão do ambiente. Portanto, para ambientes que possuem limitações quanto a estrutura, como os prédios históricos, é possível utilizar este tipo de solução, pois não exige intervenções invasivas. A solução desenvolvida foi depositada como patente de invenção, sob número BR 102020015415-0 A2.

4.3 Considerações finais dos estudos de casos

A realização dos estudos de casos descritos nas seções 4.1 e 4.2 revelam diversos aspectos positivos como: oportunidades de desenvolvimento de soluções para o combate a incêndio, a aprovação do recurso de subvenção econômica pela empresa X evidencia que há interesse dos órgãos de fomento à pesquisa e à inovação em apoiar o desenvolvimento deste tipo de produto e revela uma oportunidade para empresas conseguirem viabilizar seu desenvolvimento. Outro aspecto positivo, foram as contribuições técnicas com depósito de patentes. A elaboração dos estudos de caso permitiu também levantar as necessidades dos clientes, compreender com maior profundidade os problemas da área, aspectos normativos e tecnológicos, que fundamentam a presente tese. O Quadro 14 sintetiza os desafios encontrados no desenvolvimento do projeto informacional e conceitual.

Quadro 14- Desafios encontrados no desenvolvimento do projeto informacional e conceitual nos estudos de caso

Fase	Atividades	Tarefas	Métodos e ferramentas	Dificuldades observadas
Projeto Informacional	Definir escopo	Compreender o problema Analisar tecnologias disponíveis e necessárias Identificar normas/ legislações vigentes Pesquisar concorrentes e similares	Revisão da literatura	Pouco material disponível sobre as tecnologias de combate a incêndio
	Detalhar ciclo de vida (CV)	Refinar ciclo de vida do produto Identificar clientes (internos, intermediário e externos)	Desdobramento do ciclo de vida do produto	Falta de referência para definir as etapas do ciclo de vida
	Mapear necessidades dos clientes	Identificar as necessidades dos clientes em cada fase do CV Categorizar as necessidades Converter as necessidades em requisitos do produto	Entrevista com potenciais clientes	Dificuldade em obter respostas dos especialistas sobre as necessidades
	Definir os requisitos do produto	Analisar e classificar os requisitos do produto Priorizar requisitos	Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	-
	Elaborar conjunto de especificações-meta	Definir parâmetros quantitativos e mensuráveis do produto Analisar mercado e Tecnologias Analisar restrições Definir especificações-meta	Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	Dificuldade em listar as restrições considerando o produto e suas interfaces
Projeto conceitual	Modelar o produto funcionalmente	Analisar as especificações -meta Identificar as funções Especificar a função global Criar estruturas funcionais alternativas Selecionar estrutura funcional	Função Global Sínteses Funcionais	Dificuldade em listar as funções do produto
	Desenvolver princípios de soluções para o produto	Definir efeitos físicos Definir portadores de efeitos	Matriz morfológica	-
	Definir arquitetura do produto	Combinar soluções para as funções destacadas na matriz morfológica	Geração de conceitos	-
	Selecionar a concepção do produto	Analisar as concepções alternativas Valorar as concepções alternativas Selecionar a concepção	Matriz de decisão	-
	Analisar conceito selecionado	Avaliar o atendimento dos requisitos	Matriz de atendimento dos requisitos	-

Fonte: Autoria própria

As principais lacunas identificadas em ambos os estudos foram: pouco material disponível sobre proteção e combate a incêndio, inexistência de um modelo de referência que oriente o desenvolvimento das etapas de projeto informacional e conceitual, específico para soluções de combate a incêndio, que considere o conhecimento dos

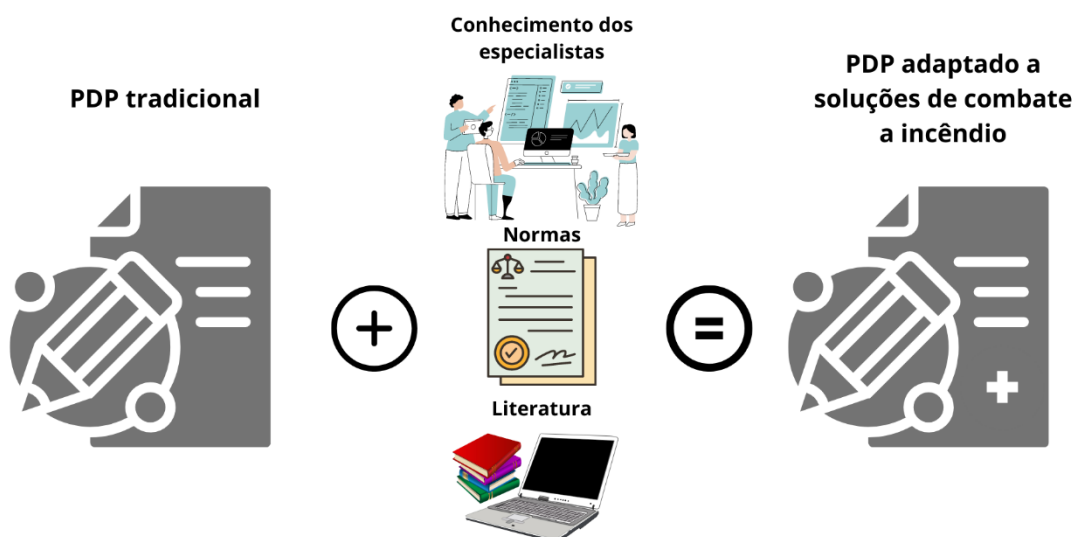
especialistas, aspectos normativos, tecnológicos e informações da literatura. As normas são, em sua maioria, desatualizadas, e possuem caráter prescritivo, não considerando as peculiaridades das edificações e os demais atores envolvidos no processo. O conhecimento dos especialistas não está disponibilizado, de modo a favorecer a difusão do conhecimento e melhoria no desenvolvimento de soluções.

Desta forma, considerando os aspectos positivos e lacunas identificadas nos estudos de caso é proposto um modelo de apoio ao desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual de produtos de combate a incêndio, apresentado na seção a seguir.

5 MODELO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DAS FASES DE PROJETO INFORMACIONAL E CONCEITUAL DE SOLUÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIOS EM ESTRUTURAS

Neste capítulo será apresentada a proposta do modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio para as fases de projeto informacional e projeto conceitual. Esta proposta é fundamentada em estudos realizados na literatura científica e técnica, estudos das normas de Segurança Contra Incêndio, e para aprofundar o conhecimento a presente autora realizou um curso de pós graduação em Engenharia de Incêndio de 360 horas. Somado a isso, buscou-se explicitar o conhecimento dos especialistas, a partir de entrevistas semi-estruturadas, reuniões e aplicação de questionário. Assim, foram feitas adaptações ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) tradicional, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10- Adaptações ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) tradicional



Fonte: Autoria própria

Como apresentado na Figura 10, foram realizadas adaptações ao Processo de Desenvolvimento de Produtos tradicionais a partir da compilação do conhecimento dos especialistas, aspectos normativos e material disponível na literatura técnica e científica, com o intuito de apoiar a realização das etapas de projeto informacional e de projeto conceitual para a geração de soluções de combate a incêndio.

Assim, conforme apresentando no Capítulo 2, de Revisão da Literatura e no Capítulo 4, de Estudos de Caso, foram realizadas constatações sobre as dificuldades da área de Segurança Contra Incêndio e desafios para o desenvolvimento de produtos de

combate a incêndio. Desta forma, foram estruturados quadros orientativos, questionários, ferramentas, com o objetivo de contribuir com o desenvolvimento das etapas. Conforme destacado no Quadro 15.

Quadro 15- Contribuições do modelo proposto

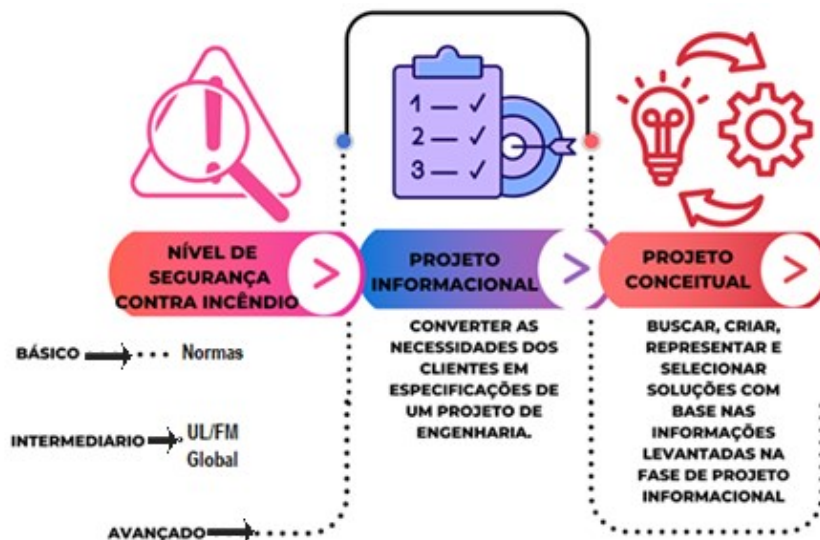
Origem	Constatações	Contribuições	Fase do modelo
Literatura	O sistema de segurança contra incêndio é baseado em normas	Proposta de estruturação em níveis de Segurança Contra Incêndio	Definição de nível da Segurança contra incêndio
	Normas são prescritivas		
	Modelos de desenvolvimento de produtos são genéricos	Adaptações das etapas do PDP a partir de informações da literatura, normas e conhecimento dos especialistas	Projeto Informacional Projeto Conceitual
	Necessidade de considerar o conhecimento de especialistas no desenvolvimento deste tipo de equipamentos	Compilação das informações dos especialistas para adaptação das etapas	
	Necessidade de organização do conhecimento	Proposta de modelo estruturado a partir das informações da área	
	Há poucas inovações neste segmento de mercado, e limitadas alternativas para atender às necessidades dos clientes	Estruturação do modelo e adaptações na Matriz TRIZ para aplicação no desenvolvimento da solução de combate a incêndio	Projeto informacional Etapa 1.8- Definição das diretrizes de projeto
Estudos de caso	Pouco material disponível sobre as tecnologias de combate a incêndio	Mapeamento das principais tecnologias e disponibilização em site	Projeto Informacional Etapa 1.1- Imersão no sistema-problema de combate a incêndio
	Falta de referência para definir as etapas do ciclo de vida	Guia orientativo para a análise do ciclo de vida do produto	Projeto Informacional Etapa 1.2- Definição das fases do ciclo de vida de soluções de combate a incêndio
	Dificuldade em obter respostas dos especialistas sobre as necessidades	Apresentação das principais necessidades em função da fase do ciclo de vida, segundo os especialistas	Projeto Informacional Etapa 1.3- Mapeamento das necessidades dos clientes
	Dificuldade em ranquear as necessidades mais importantes	Classificação em escala <i>likert</i> das necessidades para cada tipo de estrutura	Projeto Informacional Etapa 1.3- Mapeamento das necessidades dos clientes (Apêndice 3)
	Dificuldade em listar as restrições considerando o produto e suas interfaces	Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio	Projeto Informacional Etapa 1.4- Definição das restrições do projeto da solução de combate a incêndio
	Dificuldade em listar as funções do produto	Construção de uma lista de função segundo os parâmetros inventivos da TRIZ, normas e estudos de caso.	Projeto Conceitual Etapa 2.2- Definição das sínteses funcionais dos sistemas de combate a incêndio

Fonte: Autoria própria

5.1 Considerações iniciais para utilização do modelo proposto

O modelo proposto inicia com a identificação do nível de segurança contra incêndio, que pode ser básico, intermediário ou avançado. A Figura 11 apresenta uma visão geral do modelo proposto. Destacando a primeira etapa de identificação dos níveis, e encaminhamento para o cada nível, que será detalhado na seção 5.2.

Figura 11- Visão geral do modelo proposto



Fonte: Autoria própria

O nível básico compreende as medidas exigidas pelo Corpo de Bombeiros, sendo fundamental compreender as normas vigentes no estado que se deseja fazer a proteção. Já para o nível intermediário abrange o nível básico e medidas de compensação para aumentar a segurança do local, como equipamentos mais tecnológicos, geralmente com certificação da UL ou FM Global. Para este nível, é necessário compreender os aspectos normativos e as tecnologias que podem ser utilizadas no cenário em análise, para dimensionar adequadamente a solução.

Para o nível avançado, sugere-se nesta tese o desenvolvimento de uma solução alternativa que se adeque ao ambiente que se deseja proteger. Assim, é recomendado a realização do projeto informacional, que visa levantar as informações sobre o produto. Em seguida, deve-se elaborar o projeto conceitual que visa gerar e selecionar soluções, com base nas informações levantadas na fase de projeto informacional. É importante salientar que o desenvolvimento de um novo produto demanda tempo e investimento.

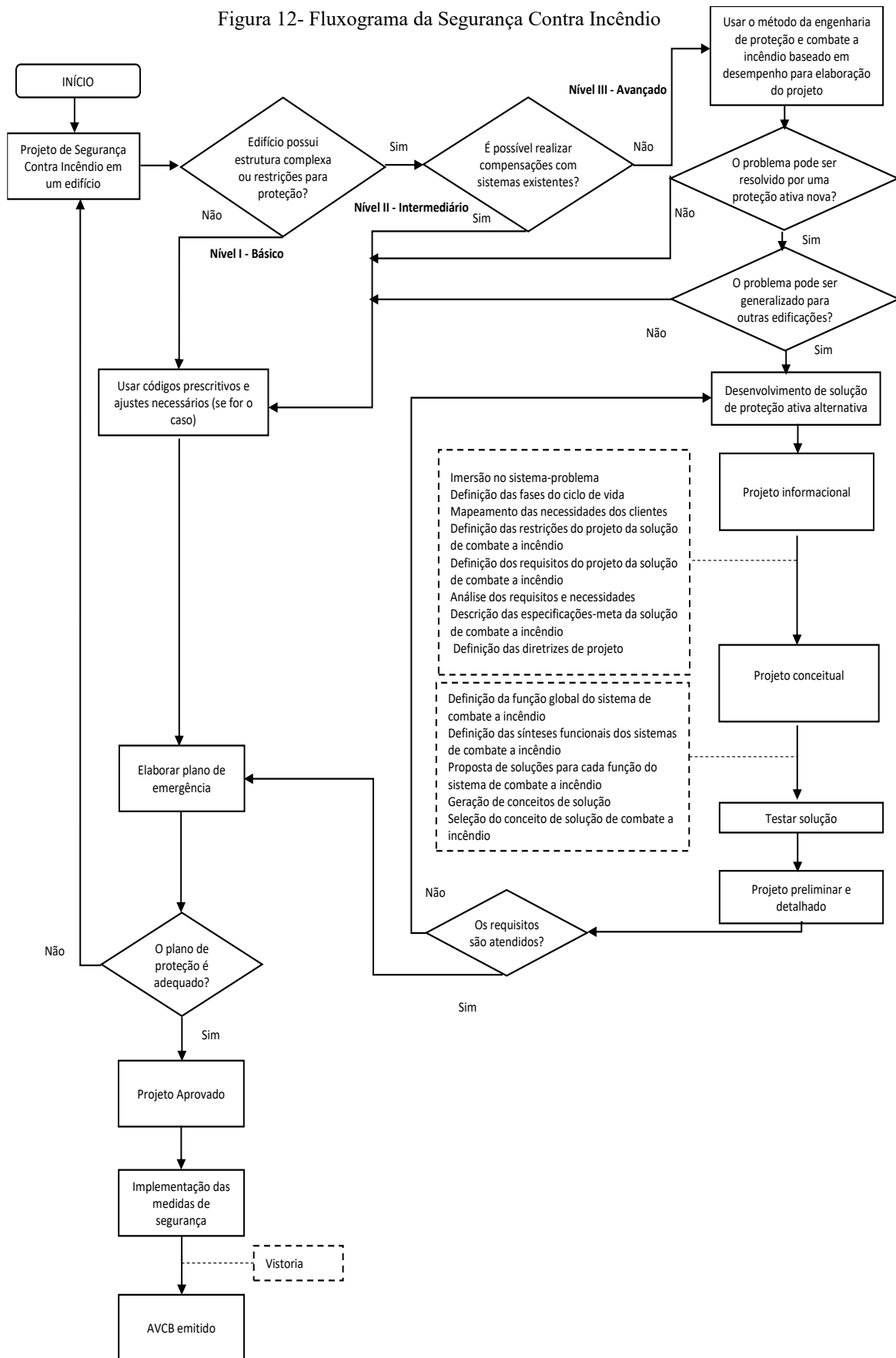
Sendo necessário realizar diversos testes para garantir sua funcionalidade, e também submeter ao processo de certificação.

Neste sentido, a execução do nível avançado se adequa aos projetos de desenvolvimento da empresa. É importante verificar se o problema que se busca resolver pode ser generalizado e a solução desenvolvida pode atender diferentes edificações, para viabilizar o investimento na construção de um novo produto. Outra consideração importante para a execução do modelo é que preferencialmente deve ser desenvolvido por equipe multidisciplinar, para ampliar os pontos de vista, sendo importante que a equipe tenha membros com experiência na área de Segurança Contra Incêndio e experiência no processo de desenvolvimento de produtos. A seguir o modelo proposto será detalhado.

5.2 Identificação do nível de segurança contra incêndio

Considerando os problemas apontados, a presente tese propõe um modelo orientativo para o desenvolvimento de soluções de combate a incêndio. A primeira análise a ser realizada, envolve a identificação do nível da Segurança Contra Incêndio, em básico, intermediário ou avançado. O nível básico abrange o que é prescrito em normas vigentes, conforme estabelecido pela NR 23 e as normas e instruções técnicas complementares. O nível intermediário contempla as medidas do nível básico e compensações com sistemas tecnológicos devido a necessidade de maior proteção, ou complexidade da estrutura. Já o nível avançado envolve o projeto baseado em desempenho, e neste estudo será dada ênfase ao desenvolvimento de novas soluções. A Figura 12 ilustra o fluxo de informação da Segurança Contra Incêndio.

Figura 12- Fluxograma da Segurança Contra Incêndio



Fonte: Autoria própria

Como destacado na Figura 12, a Segurança Contra Incêndio pode ser realizada em 3 níveis distintos, básico, intermediário ou avançado. O nível básico corresponde às medidas exigidas pelo Corpo de Bombeiros, que variam de acordo o tipo de ocupação da edificação, dimensões da edificação e carga de incêndio (SÃO PAULO, 2011). O Quadro 16 apresenta as medidas correspondentes ao nível básico.

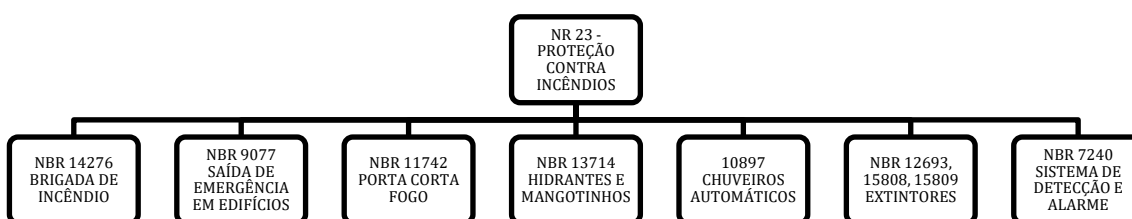
Quadro 16- Nível Básico de Segurança Contra Incêndio

Nível 1- Básico
<p>Corresponde às medidas exigidas pelo Corpo de Bombeiros como:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Acesso de viatura na edificação e áreas de risco; II. Separação entre edificações; III. Resistência ao fogo dos elementos de construção; IV. Compartimentação; V. Controle de materiais de acabamento; VI. Saídas de emergência; VII. Elevador de emergência; VIII. Controle de fumaça; IX. Gerenciamento de risco de incêndio; X. Brigada de incêndio; XI. Brigada profissional; XII. Iluminação de emergência; XIII. Detecção automática de incêndio; XIV. Alarme de incêndio; XV. Sinalização de emergência; XVI. Extintores; XVII. Hidrantes e mangotinhos; XVIII. Chuveiros automáticos; XIX. Resfriamento; XX. Espuma; XXI. Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono CO₂; XXII. Sistema de proteção contra descarga atmosférica (SPDA); XXIII. Controle de fontes de ignição (sistema elétrico, soldas, chamas, aquecedores, etc.)

Fonte: Ferreira (2020)

Estas exigências são estabelecidas pela NR 23 e as normas e instruções técnicas complementares. A NR 23 é generalista, não apresentando o detalhamento técnico das aplicações, que deve ser consultado nas leis, decretos, regulamentações, normas técnicas e especificações técnicas de cada estado. Estes regulamentos operam em harmonia e complementaridade. A visão geral da hierarquização das normas é ilustrada na Figura 13.

Figura 13- Hierarquização das normas regulamentadoras de combate a incêndio



Fonte: Autoria própria

A adoção das normas previstas no **nível básico**, é conveniente para situações em que a edificação não possui elevada complexidade, ou restrições. No caso de ser necessário adotar compensações para promover a adequada proteção da área, sugere-se a utilização do **nível intermediário**, que extrapola as exigências dos Corpos de Bombeiros, geralmente são cobranças de seguradoras, e os sistemas possuem certificação UL e FM Global.

As principais estratégias de supressão de incêndio, pelo nível intermediário consistem em: Agente limpo, gases especiais e gases inertes, por meio do resfriamento, quebra da reação em cadeia, e diluição do oxigênio; Sistemas de aerossol a partir da quebra da reação em cadeia; Sistemas pó químico com a quebra da reação em cadeia. Sistemas de *water mist* por meio do resfriamento e diluição do oxigênio; Sistema de dióxido de carbono com a diluição do oxigênio; Sistemas de pulverização de água a partir do resfriamento; Sistemas de espuma, por meio da cobertura ou remoção de diluição do combustível e; Sistemas de supressão *wet chemical* com alto poder de resfriamento (FERREIRA, 2020). Conforme apresentado no Quadro 17.

Quadro 17- Nível Intermediário de Segurança Contra Incêndio

Nível 2- Intermediário	
Exigências de seguradoras (Sistemas com certificação UL e FM Global)	
I.	Sistemas de detecção e alarme com certificação UL ou FM Global;
II.	Sistema de <i>water spray</i> ;
III.	Sistema de <i>water mist</i> ;
IV.	Sistema de agentes limpos (substitutos do <i>halon</i>);
V.	Agentes inertes (<i>argonite, inergen</i>);
VI.	Espuma de baixa, média e alta expansão;
VII.	Sistemas encapsuladores;
VIII.	Sistema de supressão aerossol;
IX.	Sistemas fixos de pó químico;
X.	Sistemas fixos de cozinha industrial;
XI.	Sistemas fixos de líquido.

Fonte: Ferreira (2020)

O **nível avançado** de segurança contra incêndio consiste em sistemas sob medida, envolvendo os níveis básico, intermediário e a ciência do fogo. Elaborado por meio de projeto baseado em desempenho. São usadas em edificações onde não há código prescritivo das normas do Corpo de Bombeiros. Essas são características de áreas recentes, como prédios muito altos, e de arquitetura moderna. O projeto baseado em desempenho propõe estratégias inteligentes, com base em análise holística do cenário, envolvendo a ciência do fogo, desenvolvimento tecnológico, para a tomada assertiva de

decisão na segurança contra incêndio do local (FERREIRA, 2020). Como apresentado no Quadro 18.

Quadro 18- Nível Avançado de Segurança Contra Incêndio

Nível 3 - Avançado
Sistemas sob medida, unindo os níveis básico e intermediário aplicado à ciência do fogo
I. Desenvolvimento de soluções alternativas;
II. Proteções especiais;
III. Planos de emergência;
IV. Decisões para defesa de fiscalização;
V. Proteção de altíssimas edificações e áreas de risco.

Fonte: Ferreira (2020)

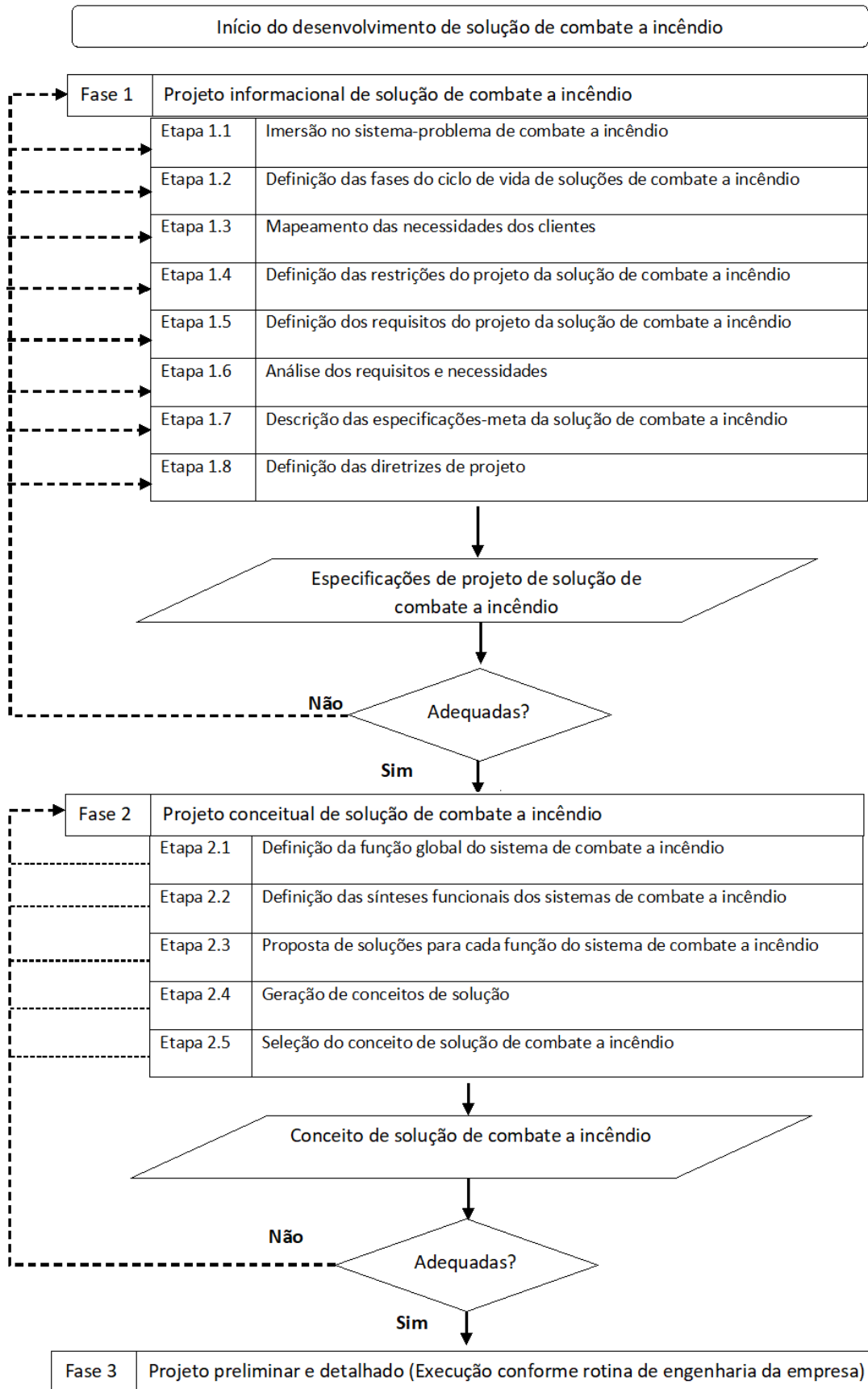
O ideal é que os projetos para segurança contra incêndio sejam baseados em desempenho, que as edificações sejam analisadas em função dos seus riscos e peculiaridades, para propor soluções adequadas para cada ambiente, envolvendo a ciência do fogo, com simulação de cenários, adequada compreensão da dinâmica do fogo, taxa de liberação de calor e comportamento do fogo.

Com o intuito de contribuir com a orientação para o desenvolvimento de novas soluções, a presente pesquisa propõe um modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio nas fases de projeto informacional e conceitual. Fornecendo informações e questionamentos com intuito de orientar e exemplificar as etapas necessárias para a geração de concepção de solução que atenda às necessidades dos clientes. Com base no conhecimento dos especialistas, informações da literatura e aspectos tecnológicos e normativos.

5.3 Modelo proposto para o desenvolvimento do nível avançado

Considerando que ao percorrer o fluxograma apresentado na Figura 12, o cenário avaliado se enquadre no nível III- avançado para a Segurança contra incêndio. Deve-se analisar previamente se o problema pode ser solucionado a partir de uma proteção ativa de combate a incêndio e se esta solução pode ser generalizada para outras edificações, para viabilizar o investimento no desenvolvimento de um novo produto. Em caso positivo, sugere-se executar as etapas do projeto informacional e conceitual conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14- Etapas para execução do projeto informacional e projeto conceitual

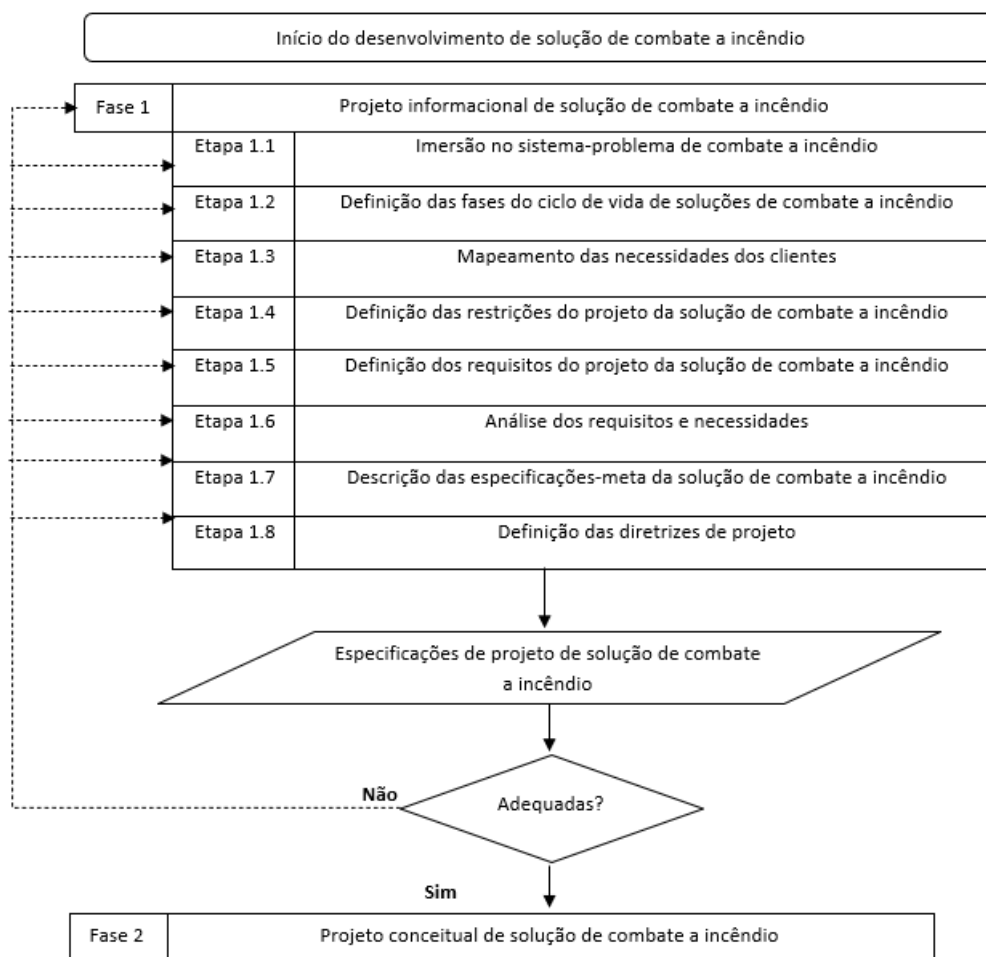


Fonte: Autoria própria

5.4 Projeto Informacional de soluções de combate a incêndio

De uma forma geral, o projeto informacional visa levantar as informações sobre o produto. Para esta fase sugere-se a execução das etapas: Imersão no sistema-problema; Definição das fases do ciclo de vida; Mapeamento das necessidades dos clientes; Definição das restrições do projeto da solução de combate a incêndio; Definição dos requisitos do projeto da solução de combate a incêndio; Análise dos requisitos e necessidades; Descrição das especificações-meta da solução de combate a incêndio e Definição das diretrizes de projeto. Conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15- Etapas do projeto informacional de soluções de combate a incêndio



Fonte: Autoria própria

Etapa 1.1 Identificação do sistema-problema

Para a elaboração da primeira etapa do projeto é necessária uma análise aprofundada no sistema-problema, em que deve ser identificado as principais interfaces, como atores e condições que impactam na solução. Também deve-se avaliar o cenário,

de modo a identificar as oportunidades e ameaças do negócio e as forças e fraquezas internas da organização. Com base nas informações anteriormente levantadas, deve-se definir o objetivo do projeto da solução de combate a incêndio. O Quadro 19 ilustra as tarefas sugeridas para a realização da etapa.

Quadro 19- Lista de tarefas para a análise do sistema-problema

Etapa 1.1	Imersão no sistema-problema	
	Tarefa 1.1.1	Identificar qual o problema/necessidade
	Tarefa 1.1.2	Listar as principais interfaces
	Tarefa 1.1.3	Analisar o cenário interno e externo da organização
	Tarefa 1.1.4	Mapear soluções similares
	Tarefa 1.1.5	Definir o objetivo do projeto da solução de combate a incêndio

Fonte: Autoria própria

Tarefa 1.1.1- Identificar qual o problema/necessidade

Esta tarefa tem como objetivo identificar o problema que se busca resolver, que deve ser motivado por lacunas existentes no sistema de combate a incêndio. Como por exemplo, a elevada quantidade de água utilizada para extinção do fogo pelo sprinkler tradicional, o elevado custo dos sistemas fixos de gases, proteção de ambientes históricos ou tombados que não permite intervenções estruturais invasivas, necessárias nas instalações dos sistemas convencionais, entre outros. Para melhor definição do problema, é importante fazer uma imersão, levantamento de informações e análise das interfaces, que é a próxima tarefa. Importante salientar que a construção do projeto não é linear, conforme vai se obtendo mais informações as decisões são reavaliadas de forma dinâmica. Para evidenciar a necessidade de formulação da questão norteadora é apresentado o Quadro 20.

Quadro 20- Elaboração da questão norteadora

Qual o problema/necessidade que se busca resolver a partir do sistema de combate a incêndio?
Formule uma questão norteadora

Fonte: Autoria própria

Tarefa 1.1.2 Listar as principais interfaces

Após a definição do problema/necessidade que se busca resolver a partir do sistema de combate a incêndio, deve-se considerar as principais interfaces que se relacionam com o sistema/problema. Esta análise é importante para a identificação de restrições e possíveis contradições de projeto que podem interferir no desenvolvimento. Com intuito de levantar algumas questões úteis, o Quadro 21 apresenta uma lista de perguntas para reflexão e análise.

Quadro 21- Questionário para identificação das principais interfaces do problema

Qual ambiente o dispositivo será instalado?
Qual(is) a(s) classe(s) de incêndio que se busca combater?
Qual(is) forma(s) se espera para acionamento do equipamento?
Como deve ser a instalação dos dispositivos?
Existem outros sistemas de segurança contra incêndio no local?
Há circulação de pessoas no ambiente?
As pessoas possuem alguma necessidade especial?
A estrutura possui restrições?
Quais os aspectos arquitetônicos do local?
Há presença de acervo cultural e histórico, eletrônicos ou materiais com potencial explosivo?
Existem itens de elevado valor financeiro no local?
Quais as normas e legislações envolvidas?
Quem são os atores principais da solução de combate a incêndio?
Quem fará a manutenção/inspeção do dispositivo?
Com quais sistemas o dispositivo de combate a incêndio poderá ficar em contato?
Quais os elementos de fixação do dispositivo de combate a incêndio no ambiente?

Fonte: Autoria própria

Tarefa 1.1.3 Analisar o cenário interno e externo da organização

Para soluções mais conformes, é necessário a análise do cenário tanto interno quanto externo da organização. Uma ferramenta muito eficiente para a avaliação de cenário é a matriz SWOT, que significa: *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças). Esta ferramenta permite identificar as forças e fraquezas internas da organização e as oportunidades e ameaças externas. O Quadro 22 ilustra a estrutura da referida matriz.

Quadro 22- Matriz SWOT

	Maximizar	Minimizar
Fatores Internos	<i>Strengths</i> (Forças) Quais as forças internas da organização, são diferenciais para o desenvolvimento da solução de combate a incêndio?	<i>Weaknesses</i> (Fraquezas) Quais as fraquezas internas da organização, são diferenciais para o desenvolvimento da solução de combate a incêndio?
Fatores Externos	<i>Opportunities</i> (Oportunidades) Quais as oportunidades de negócios no mercado de combate a incêndio?	<i>Threats</i> (Ameaças) Quais os riscos de negócios no mercado de combate a incêndio?








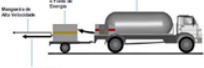

Fonte: Autoria própria

Tarefa 1.1.4 - Mapear soluções similares

Outra tarefa proposta é mapear as soluções similares e evidenciar suas vantagens e desvantagens, de modo a analisar as lacunas dos sistemas atuais, identificar pontos de melhoria e incorporar as ações que são positivas.

Para auxiliar a execução desta tarefa propõe-se o emprego do Quadro 23, que apresenta as principais soluções de combate a incêndio e também podem ser exploradas em detalhes a partir do site: <https://fireprotections.wixsite.com/website>. De toda forma, é importante ressaltar que pesquisas em outras fontes também são importantes, pois novas soluções podem ser identificadas.

Quadro 23- Principais soluções de combate a incêndio e suas vantagens e desvantagens

Sistema	Agente extintor	Vantagens	Desvantagens
 <p>Sistema Sprinkler</p>	Água.	Sistema mais usado em edifícios; Totalmente automático (devido ao bulbo).	Danos causados pela água após o incêndio; Necessidade de tubulações; Reservatório técnico de água; Estação de bombas; Pode demorar para ser acionado (rompimento do bulbo).
 <p>Sistema Fixo</p>	CO ₂ ; Agente limpo.	Acionamento rápido; Não causa danos após a extinção.	Necessidade de tubulações; Depende de sistemas de detecção.
 <p>Hidrante</p>	Água.	Menor custo em comparação ao sprinkler e sistema fixo.	Depende de ação do corpo de bombeiros ou de operador capacitado; Reservatório técnico de água; Necessita de intervenção estrutural para instalação; Estação de bombas; Danos causados pela água após o incêndio.
 <p>Sistema modular</p>	Agente limpo; Wet chemical; Pó químico.	Não causa danos após a extinção; Modular; Flexibilidade de instalação; Totalmente automático (devido ao bulbo).	Pode demorar para ser acionado (rompimento do bulbo).
 <p>Extintor Sônico</p>	Ar.	Não deixa resíduo; Não precisa ser recarregado; Funciona por frequências sonoras.	Em desenvolvimento; Não há histórico de uso; Ainda aplicado em pequenos incêndios.
 <p>Robôs de combate a incêndio</p>	Água; Espuma; Wet chemical; CO ₂ ; Agente limpo; Pó químico.	Flexibilidade para extinção de incêndios; Não necessita de instalação fixa; Não causa danos após a extinção.	Valor elevado por unidade.
 <p>Drone de combate a incêndio</p>	Água; Espuma; Wet chemical; CO ₂ ; Agente limpo; Pó químico.	Flexibilidade para extinção de incêndios; Não necessita de instalação fixa; Não causa danos após a extinção.	Valor elevado por unidade.
 <p>Carreta de combate a incêndio</p>	Água; Espuma; Wet chemical; CO ₂ ; Agente limpo.	Não necessita de instalação fixa; Não causa danos após a extinção;	Depende de sistemas de detecção; Combate pode demorar para iniciar.
 <p>Extintor de incêndio</p>	Água; Espuma; CO ₂ ; Wet chemical; Agente limpo; Pó químico.	Instalação simples; Baixo custo.	Depende de intervenção humana; Indicado para incêndios em fase inicial.

Fonte: Autoria própria

Tarefa 1.1.5 Definir o objetivo do projeto da solução de combate a incêndio

A partir do levantamento das informações, deve-se definir o objetivo do projeto da solução de combate a incêndio, que visa resolver o problema/necessidade apontada na tarefa 1.1.1. O Quadro 24 ressalta a importância de declarar o objetivo do projeto da solução de combate a incêndio de maneira clara e sucinta.

Quadro 24- Objetivo do projeto da solução de combate a incêndio

Qual objetivo do projeto da solução de combate a incêndio?
O objetivo deve responder à questão norteadora (tarefa 1.1.1)

Fonte: Autoria própria

Etapa 1.2 Definição das fases do ciclo de vida

O entendimento do ciclo de vida completo do produto permite analisar desde as fases de planejamento de projeto até a destinação final. Com isso, é possível tomar decisões de maneira estruturada tendo o conhecimento de maneira holística e integrada das fases do ciclo de um produto. Esta etapa é composta por duas tarefas principais que consistem na identificação das fases do ciclo de vida e seus clientes e análise do ciclo de vida do produto, conforme destacado no Quadro 25.

Quadro 25- Tarefas da etapa de definição das fases do ciclo de vida

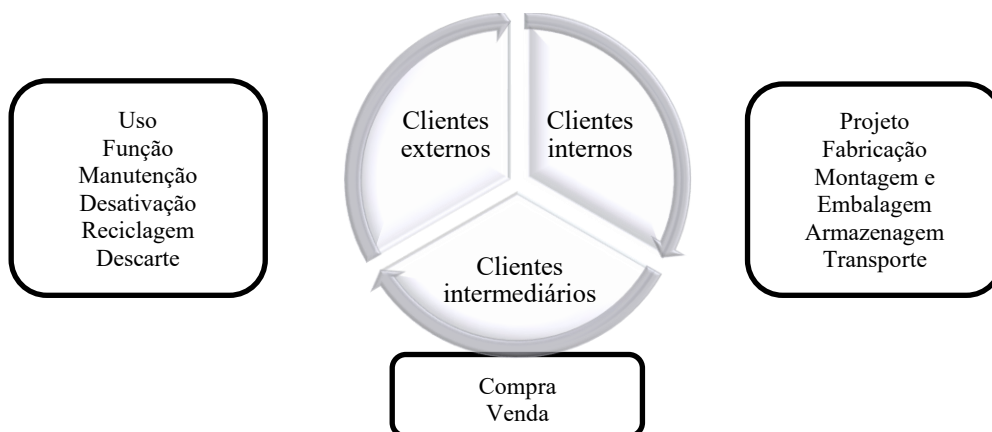
Etapa 1.2	Definição das fases do ciclo de vida	
	Tarefa 1.2.1	Identificar as fases do ciclo de vida e seus clientes
	Tarefa 1.2.2	Analisar o ciclo de vida do produto

Fonte: Autoria própria

Tarefa 1.2.1 Identificar as fases do ciclo de vida e seus clientes

A tarefa 1.2.1 consiste na identificação das fases do ciclo de vida e seus clientes, visa especificar os clientes internos, intermediários e externos e as fases do ciclo de vida correspondentes. A Figura 16 ilustra as fases do ciclo de vida e seus clientes.

Figura 16- Fases do ciclo de vida e seus clientes



Fonte: Autoria própria

A partir da Figura 16 é possível identificar alguns atores das diferentes fases do ciclo de vida do produto, faz-se necessário analisar cada uma delas com intuito de antecipar informações importantes para o desenvolvimento do produto que dificilmente seriam consideradas, sem estas análises.

Tarefa 1.2.2 Analisar o ciclo de vida do produto

Assim, conforme destacado na Figura 16, as fases do ciclo de vida e seus clientes internos, intermediários e externos, foi elaborado o Quadro 26 que apresenta as fases do ciclo de vida e respectivamente sugestões de questionamentos e saídas desejáveis para produtos de combate a incêndio. É importante salientar que para diferentes soluções a importância das fases do ciclo de vida pode variar.

Quadro 26- Orientação para a análise do ciclo de vida do produto

(continua)

Fases do ciclo de vida	Sugestões de questionamentos	Saídas desejáveis
Demanda/ Oportunidade	Existe demanda para a solução de combate a incêndio? Qual o segmento de mercado a solução de combate a incêndio é destinado? Quais as limitações das soluções atuais? Quais as oportunidades, ameaças, forças e fraquezas do cenário que se busca atender?	Modelo de negócio Plano de negócio
Desenvolvimento e projeto	Como será realizado o projeto do produto? A equipe tem experiência? O que se espera com o projeto da solução de combate a incêndio? Quais os aspectos normativos a solução deve atender? Quais principais atributos desejáveis na solução? Quais especificações finais da solução? Como a solução será prototipada e testada?	Projeto detalhado do produto
Fabricação e Montagem	Como será feita a fabricação e montagem da solução? Quais as etapas e responsáveis da fabricação do produto de combate a incêndio? Quais as documentações técnicas necessárias? Como será feito o processo de certificação para a produção da solução de combate a incêndio? Quais os tipos de certificação serão utilizados? Como é estruturada a cadeia de suprimentos?	Processo produtivo consolidado Produto certificado Produto manufaturado (desejável que o produto possua baixa complexidade, e seja de fácil montagem)
Transporte e Estocagem	Existe alguma restrição para transporte e estocagem do produto de combate a incêndio? Qual peso/volume da solução? Como a solução será transportada e distribuída? Quais recomendações para transporte e estocagem do produto?	Logística adequada
Venda e Compra	Quais são os canais de venda da solução de combate a incêndio? Qual o tempo de entrega?	Vendas crescentes

Quadro 26- Orientação para a análise do ciclo de vida do produto

(continua)

	<p>Quais as parcerias necessárias para aumentar as vendas?</p> <p>Quais as garantias da solução de combate a incêndio?</p> <p>Como será estruturado o serviço de pós venda?</p>	
Instalação	<p>Como deve ser feita a instalação da solução de combate a incêndio?</p> <p>Quem pode fazer a instalação da solução de combate a incêndio?</p> <p>É necessário fazer intervenções na estrutura?</p> <p>Quais as restrições para instalar a solução de combate a incêndio?</p>	Solução instalada adequadamente
Uso	<p>Quais as recomendações para a utilização do produto de combate a incêndio?</p> <p>Quais as formas de acionamento da solução de combate a incêndio?</p> <p>A solução possui integração com outros sistemas?</p> <p>Como ocorre a detecção do incêndio?</p> <p>Como acontece a extinção do incêndio?</p> <p>O sistema permite checagem para evitar falso positivo de incêndio?</p> <p>Quais interfaces permitem conferir os parâmetros de funcionamento?</p>	Solução funcionando devidamente
Manutenção	<p>Qual o intervalo de tempo deve ser realizado a manutenção?</p> <p>Quais os profissionais capacitados para realizar a manutenção da solução de combate a incêndio?</p> <p>Como deve ser feita a manutenção do sistema de combate a incêndio?</p> <p>A manutenção pode ser efetuada remotamente?</p> <p>É possível gerar relatórios automaticamente?</p>	Plano de manutenção
Atualização/Upgrade	<p>O sistema de combate a incêndio permite atualização?</p> <p>Existe uma programação para atualizar a solução de combate a incêndio?</p>	Acompanhar o desenvolvimento tecnológico e normativo
Reuso, Reciclagem e Descarte	<p>Como acontece a desmobilização do sistema?</p> <p>Qual a vida útil da solução de combate a incêndio?</p> <p>O material utilizado no sistema de combate a incêndio pode ser reaproveitado?</p> <p>Quais partes do sistema não pode ser reaproveitado?</p> <p>Quem é responsável pela destinação adequada após a vida útil do produto?</p>	Adequada destinação

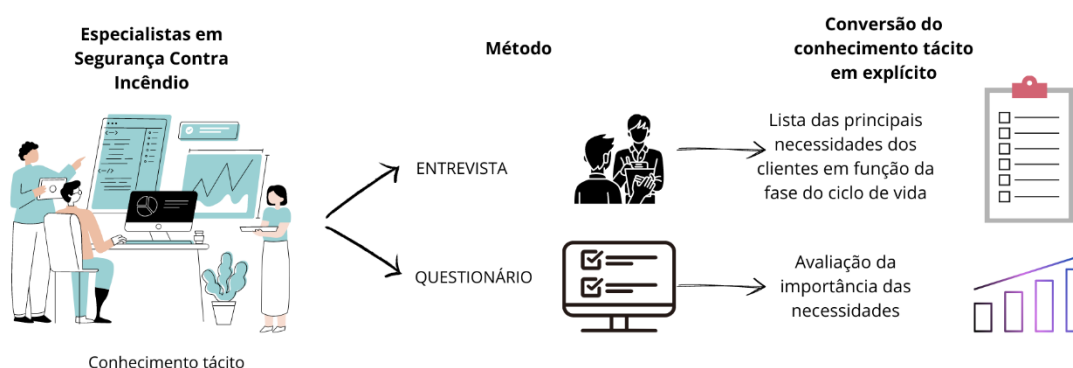
Fonte: Autoria própria

Para cada saída desejável, deve-se antever possíveis problemas, buscar aspectos que possam agregar valor à solução, otimizar o desenvolvimento, satisfazer as necessidades dos clientes, desde o planejamento até o descarte final.

Etapa 1.3 Mapeamento das necessidades dos clientes

De acordo com as informações levantadas na etapa 1.2 de “Definição das fases do ciclo de vida”, deve-se consultar as necessidades dos clientes de cada fase do produto a ser desenvolvido. Neste trabalho, para auxiliar o desenvolvimento de futuros produtos, foi realizado um levantamento preliminar para fornecer informações gerais sobre as principais necessidades da área por meio de entrevistas com os especialistas da área. Após o levantamento das principais necessidades, estas foram classificadas em grau de importância com auxílio de um questionário em escala *likert* pelos especialistas. As entrevistas e questionários tiveram como objetivo converter o conhecimento tácito dos especialistas, que é o tipo de conhecimento derivado das experiências pessoais e difícil de ser formalizado, em conhecimento explícito, que é o conhecimento decodificado, expresso em livros, manuais, gráficos, entre outros (NONAKA; TAKEUCHI, 2004). A Figura 17 ilustra o procedimento empregado para a conversão do conhecimento tácito em explícito.

Figura 17- Mapeamento e classificação das necessidades de acordo com os especialistas



Fonte: Autoria própria

Para levantar as principais informações sobre a área, foram consultados 30 interessados chave, como especialistas, empresas, usuários, integrantes do corpo de bombeiros e profissionais da área, por meio de entrevistas semi-estruturas e questionários para pontuação das necessidades em escala *likert* (CAAE: 46254821.2.0000.9287) apresentados no Apêndice 2.

A partir das entrevistas semi-estruturadas, os *stakeholders* apontaram que as principais necessidades em soluções para combate a incêndio são: Ter fácil inspeção; Ter custo baixo de fabricação; Ser fácil de fabricar; Ter custo baixo de manutenção; Ser fácil/rápido de realizar manutenção; Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de

bombeiros, Centrais de supervisão); Ter elevada resistência; Ser fácil de transportar; Ser fácil de instalar; Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente); Ter preço competitivo; Ter diferentes formas de acionamento; Poder ser aplicado em diferentes as classes de incêndio; Ter detecção eficiente; Ter acionamento eficiente; Ter extinção rápida; Promover extinção sem causar danos no local; Ter baixa intervenção estrutural para instalação; Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes). Estas necessidades foram distribuídas em função das suas características de funcionamento, econômico, segurança, confiabilidade e modularidade nas diferentes etapas do ciclo de vida, conforme apresentado no Quadro 27.

Quadro 27- Principais necessidades dos clientes em função da fase do ciclo de vida

Características Ciclo de vida	Funcionamento	Econômico	Segurança	Confiabilidade	Modularidade
Produção e Montagem		Ser fácil de fabricar; Ter custo baixo de fabricação.			
Transporte e armazenagem		Ser fácil de transportar e armazenar.			
Instalação		Ser fácil de instalar.			
Função	Ter detecção eficiente; Ter acionamento eficiente; Ter extinção rápida.	Ter preço competitivo.	Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio.	Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente).	
Uso	Ter diferentes formas de acionamento; Ser adaptável.	Ter baixa intervenção estrutural para instalação.	Promover extinção sem causar danos no local.	Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão).	Ter elevada resistência (em todos os módulos).
Inspeção		Ter fácil inspeção			
Manutenção		Ser fácil/rápido de realizar manutenção; Ter custo baixo de manutenção.			

Fonte: Autoria própria

Após a identificação das principais necessidades, estas foram listadas em um formulário em escala *likert*, que é apresentado na íntegra no Apêndice 2, para que os interessados pudessem pontuar, sendo que a última questão do formulário consistiu em uma pergunta aberta, não obrigatória, para o respondente inserir sua opinião sobre como é possível melhorar o processo de desenvolvimento de produtos de combate a incêndio no Brasil, e o resultado é apresentado no Apêndice 3. Estas respostas foram analisadas, e as principais considerações são destacadas a seguir.

Sob a perspectiva da análise de risco de incêndio, um dos pesquisadores destaca que é importante toda forma de diminuição do risco de incêndio através de equipamentos e ações como, por exemplo, acionamento automático de alarme com ligação direta com o Corpo de Bombeiros local. Além disso, equipamentos com custo baixo, de fácil instalação e manutenção, podem estimular seu uso numa sociedade que ainda não tem uma cultura de prevenção contra incêndio consolidada.

Outro ponto destacado pelos respondentes da pesquisa foi que normalmente as edificações no Brasil não possuem sistemas de combate a incêndio planejados a nível de projeto. Então um sistema desse tipo deve priorizar o baixo impacto na estrutura do local durante a sua instalação. Isso ajudaria na adesão a esses sistemas no Brasil.

Uma problemática evidenciada pelos participantes da pesquisa é a certificação dos produtos, no Brasil apenas os extintores de incêndio possuem certificação compulsória pelo INMETRO, e as mangueiras de incêndio são reguladas pelo INMETRO, porém a certificação é voluntária. Isso dá abertura para que muitos produtos sejam comercializados sem um selo de certificação de qualidade, a um preço reduzido. E como o mercado é sensível ao preço, implica na comercialização de produtos de baixa qualidade, como é possível encontrar no mercado chinês, no entanto por não ter um selo de certificação, não é possível garantir que este funcionará em caso de incêndio. Cicerelli (2018) destaca a necessidade de um maior número de órgãos certificadores de produtos de combate a incêndio no país, e a fiscalização mais rigorosa do Corpo de Bombeiros, exigindo a utilização de produtos certificados, como requisito para a aprovação de projetos de segurança contra incêndio na edificação. Os maiores certificadores são UL e FM, porém é necessário um substancial investimento da empresa, o que torna inviável em grande parte dos casos.

Também foi relatado que os principais problemas estão relacionados a cultura da população que não prioriza a prevenção, a legislação também é limitada, pois as normas são prescritivas e não há um regulamento único no país, assim cada estado legisla de forma independente. Outro problema são as questões tecnológicas, pois não há um investimento expressivo na área de segurança contra incêndio, por meio da criação de laboratórios para desenvolvimento e teste das soluções, incentivo para inovação. Há limitações com o acesso das informações, não se tem informações estatísticas sobre as ocorrências dos incêndios no Brasil, informações sobre causa, impacto, número de mortos, feridos, isso mascara a gravidade dos sinistros e dificulta o desenvolvimento de estratégias efetivas para a proteção e combate ao fogo.

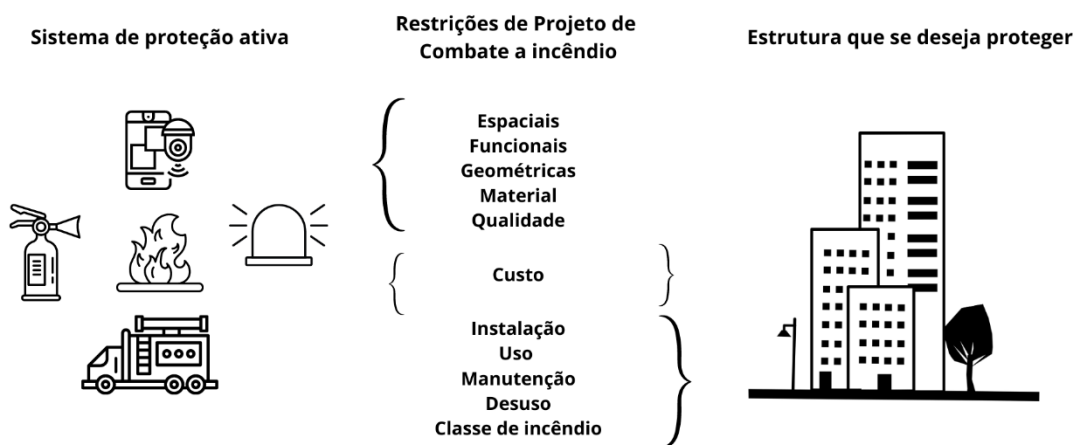
As empresas brasileiras, de forma geral, não desenvolvem pesquisas e inovações nos produtos de proteção ativa. As empresas de pequeno porte não possuem um processo de desenvolvimento de produtos estruturado, as melhorias são aplicadas, em sua maioria, no processo produtivo, não havendo significativas melhorias nos produtos ou desenvolvimento de produtos novos, considerando as peculiaridades no país.

É importante ressaltar que estas informações levantadas nesta etapa constituem um conjunto de necessidades que podem ser consideradas ao longo do projeto. Em virtude do escopo do problema de projeto a ser desenvolvido, as necessidades precisam ser avaliadas de forma crítica, a fim de verificar a sua aderência e completeza. Isto significa que novas necessidades podem ser incorporadas ao projeto.

Etapa 1.4 Definição das restrições do projeto da solução de combate a incêndio

Na sequência, deve-se identificar as principais restrições relacionadas à solução. É importante analisar as características gerais do equipamento/sistema e a estrutura que se deseja proteger, sob diferentes óticas, levantar questionamentos, discutir junto a especialistas, para que estas restrições sejam consideradas no início do projeto. A Figura 18 apresenta a visão geral das restrições relacionadas aos sistemas de combate a incêndio.

Figura 18- Restrições relacionadas aos sistemas de combate a incêndio



Fonte: Autoria própria

Para facilitar a definição das restrições dos sistemas de combate a incêndio, foi construído o Quadro 28, que apresenta questões e aspectos de compatibilização para possíveis restrições do sistema, classe de incêndio, material, qualidade e custo.

Quadro 28- Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio

(continua)

	Restrições	Questões	Aspectos de compatibilização
Sistema	Espaciais	Quais as dimensões máximas para o equipamento de combate a incêndio?	Levar em conta as questões de produção, logística, instalação e descarte.
		Qual o peso máximo para o equipamento de combate a incêndio?	Levar em consideração o peso máximo para que seja viável a instalação do sistema.
	Funcionais	Qual a função principal do equipamento de combate a incêndio?	O equipamento de combate a incêndio deve cumprir a função de extinguir o fogo.
		Quais são as funções auxiliares do equipamento de combate a incêndio?	As funções auxiliares devem fazer com o que o equipamento suprima o incêndio no menor tempo possível, com menos danos durante a extinção
		Qual(is) classe(s) de incêndio o equipamento é destinado a extinguir?	Deve-se definir a(s) classe(s) do incêndio: A,B,C,D e/ou K
		Qual(is) forma(s) de acionamento do equipamento?	Necessário determinar se o equipamento será acionado por ação do fogo, manualmente, por acionadores automáticos, entre outros.
		A solução terá dispositivo de detecção integrado?	Definir se o sistema terá detecção integrada, e se pode comunicar-se com dispositivos de detecção externos.
		A solução terá dispositivo de alarme integrado?	Definir se o sistema terá dispositivo de alerta integrado, e se pode comunicar-se com dispositivos de alarme externos.
	Geométricas	Quais os elementos utilizados para fixação do sistema no ambiente?	Definir quais os elementos necessários para realizar a devida fixação do sistema no ambiente.
		Quais as formas utilizadas para conectar o equipamento principal e os elementos auxiliares?	Definir os princípios de conexão entre o dispositivo de combate e os sistemas periféricos como detecção, alarme, comandos auxiliares (se houver).
	Venda	Existe alguma limitação com relação a distribuição e venda que determinam as características do equipamento de combate a incêndio?	Se existir, deve ser considerado no projeto do equipamento de combate a incêndio.
	Instalação	Existe alguma limitação com relação a instalação do equipamento de combate a incêndio?	Se existir, deve ser considerado no projeto do equipamento de combate a incêndio.
	Uso	Existe chances de falha do equipamento durante o uso?	Projetar formas alternativas de ativar o dispositivo, de modo que não falhe durante o combate ao fogo.
		Existe alguma limitação com relação ao uso do equipamento de combate a incêndio?	Se existir, deve ser considerado no projeto do equipamento de combate a incêndio.

Quadro 28- Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio

(continua)

Restrições		Questões	Aspectos de compatibilização
	Manutenção	Quais as partes do equipamento devem ser monitoradas com maior constância?	Facilitar a vistoria dos elementos críticos do equipamento
		Como acontecerá a manutenção preventiva e preditiva?	Integrar sensores, e interfaces que indiquem
	Desuso	Qual a destinação do equipamento após o uso?	Determinar qual a destinação do equipamento, se será reuso, reciclagem ou descarte
Classe de incêndio	Classe A - combustíveis sólidos (papel, madeira, polímero, tecido)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe A, considerar que os principais métodos de extinção são: resfriamento e abafamento.
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe A, considerar que os principais agentes extintores são: água, pó químico seco, espuma, <i>wet chemical</i> , névoa de água e agente limpo
	Classe B - materiais líquidos combustíveis inflamáveis (gasolina, óleos, álcool...)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe B, considerar que os principais métodos de extinção são: afastamento, abafamento e quebra da reação em cadeia.
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe B, considerar que os principais agentes extintores são: pó químico seco, espuma, CO ₂ , agente limpo
	Classe C - Equipamentos e instalações elétricas energizadas (computadores, geradores, tomadas, elevadores...)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe C, considerar que os principais métodos de extinção são: afastamento, abafamento, quebra da reação em cadeia
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe C, considerar que os principais agentes extintores são: pó químico seco, CO ₂ , névoa de água, agente limpo.
	Classe D - Metais combustíveis pirofóricos (magnésio, titânio, zircônio, lítio, pó de alumínio)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe D, considerar que os principais métodos de extinção são: abafamento.
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe D, considerar que os principais agentes extintores são: agente extintor específico para classe D.
	Classe K - Óleos (gorduras animais em estado líquido, graxas)	Quais os principais métodos de extinção?	Para a classe K, considerar que os principais métodos de extinção são: abafamento.
		Quais agentes extintores sugeridos?	Para a classe K, considerar que os principais agentes extintores são: agente extintor específico para classe K, <i>wet chemical</i> .
	Material	Quais materiais serão utilizados?	Selecionar o material com melhor custo benefício para ser utilizado em cada parte do equipamento.

Quadro 28- Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio

(continua)

Restrições	Questões	Aspectos de compatibilização
	Qual a resistência mínima do material ao fogo?	Deve-se selecionar o material considerando a elevada temperatura em situações de incêndio.
	Qual a resistência mínima do material ao impacto?	Deve-se considerar qual a intensidade do impacto que o equipamento será submetido
	O agente extintor utilizado reage com algum tipo de material?	A depender do agente extintor selecionado, deve-se verificar a possibilidade de reação com o material que condiciona o agente extintor.
Qualidade	Qual a qualidade exigida da solução?	Verificar a necessidade de certificação, e nível de qualidade exigida.
Custo	Qual o custo máximo para a concepção da solução?	Deve ser definido um orçamento máximo para desenvolvimento da solução considerando todo ciclo de vida.
	Qual o preço máximo pago pelo mercado?	Deve ser levado em conta o custo dos sistemas similares, e o custo da concepção da solução, certificação, testes, impostos, taxas (todos os custos envolvidos) e estabelecer o preço de venda, compatível com o preço que o cliente está disposto a pagar.

Fonte: Autoria própria

Etapa 1.5 Definição dos requisitos do projeto da solução de combate a incêndio

As necessidades levantadas na Etapa 1.3 “Mapeamento das necessidades dos clientes”, devem ser convertidas em requisitos de projeto. Para isso deve-se inicialmente reescrever a necessidade do cliente de forma fácil de compreender, a partir de um verbo e um substantivo. Depois estas necessidades devem ser escritas de modo que seja possível mensurar a variável em termos de engenharia. Mais de uma necessidade pode ser convertida em um único requisito, também pode ser que uma necessidade seja desdobrada em vários requisitos ou uma necessidade seja convertida em um único requisito. O Quadro 29 facilita a conversão da “voz do cliente em requisitos de projeto”.

Quadro 29- Apoio a conversão da voz do cliente em requisitos de projeto

Cliente/Ator	Fase correspondente ao ciclo de vida do produto	Voz do cliente/Ator	Necessidades convertidas pela equipe	Requisitos de projeto
Definir o cliente correspondente da necessidade levantada	Identificar a etapa do ciclo de vida que a necessidade está relacionada	Reproduzir com as palavras do cliente, o que ele destaca como necessidade	Traduzir a voz do cliente por meio de: verbo + substantivo	Converter necessidade em requisito(s), possível(is) de ser(em) mensurado(s)

Fonte: Autoria própria

Etapa 1.6 Análise dos requisitos e necessidades

Após a identificação das necessidades e requisitos, sugere-se a análise destes a partir da matriz QFD (*Quality Function Deployment*) que significa desdobramento da função qualidade, esta ferramenta auxilia a integração entre membros da equipe de desenvolvimento do produto, permite identificar os requisitos mais importantes, e conflitos inventivos, podendo propor soluções nas fases iniciais do projeto, reduzindo o número de mudanças ao longo do desenvolvimento, o que implica em menor tempo e custo.

Etapa 1.7 Descrição das especificações-meta da solução de combate a incêndio

Em continuidade às informações obtidas ao longo das etapas anteriores, deve-se definir o que se pretende alcançar com cada requisito, a partir da identificação das saídas desejáveis, e o que se busca evitar, por meio da definição das saídas indesejáveis. Para facilitar a construção das especificações de produto de combate a incêndio, é proposto o Quadro 30.

Quadro 30- Quadro de especificações de projeto de combate a incêndio

ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO					
Ordem de importância	Metas Valores	Meta	Requisitos Conflitantes	Saídas Desejadas	Saídas Indesejadas

Fonte: Autoria própria

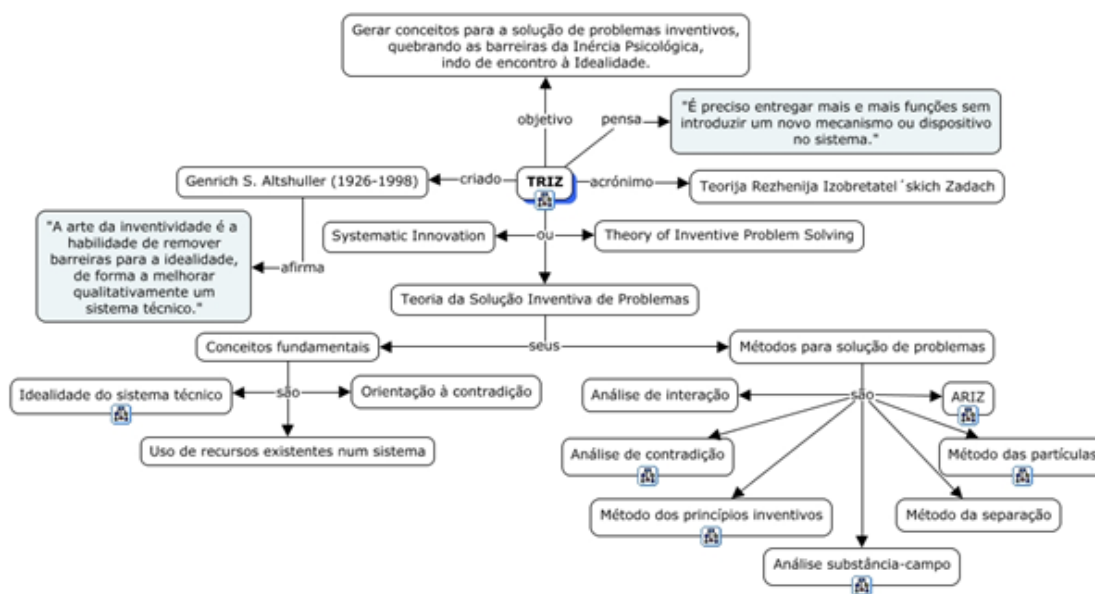
Etapa 1.8 Definição das diretrizes de projeto

A partir da identificação dos requisitos conflitantes, pode-se buscar possíveis soluções de forma criativa, evitando soluções de compromisso, e se chegue na melhor relação de custo benefício, em que podem ser combinadas as regras do projeto, experiência dos projetistas e a ferramenta de solução de conflitos inventivos, como a matriz TRIZ. Que pode ser definida como Teoria da Solução Inventiva de Problemas, desenvolvida por Altshuller, inicialmente em 1946. O estudo foi fundamentado a partir de uma intensa análise de patentes, em que foram analisadas cerca de 40.000 invenções em áreas distintas, observando a existência de 40 princípios inventivos que orientam a obtenção da solução de problemas conflitantes (ALTSHULLER, 2002). A TRIZ pode ser estruturada a partir de cinco etapas: 1) Identificar o problema do projeto; 2) Formular o problema sob abordagem da TRIZ; 3) Determinar os parâmetros de engenharia 4)

Pesquisar solução análoga: matriz de contradição; 5) Adaptar a solução análoga ao projeto em questão.

Martinez (2020) apresenta um mapa mental que traduz as principais informações da TRIZ, objetivo, como pensa, acrônimo, criador, conceitos fundamentais e métodos para solução dos problemas. A Figura 19 ilustra o mapa mental que resume as principais informações da TRIZ.

Figura 19- Mapa mental sobre a TRIZ



Fonte: Martinez (2020)

Com intuito de facilitar a utilização da ferramenta, foi construído uma calculadora on-line, disponível no link: <https://sites.google.com/view/calculadoratriz>. E no Quadro 31 pode-se verificar exemplos práticos e de diretrizes de projeto para cada parâmetro de engenharia da matriz TRIZ.

Quadro 31- Exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio

(continua)

Parâmetro de Engenharia (variáveis genéricas oriundas de diferentes áreas)	Significado do Parâmetro de Engenharia	Exemplo prático	Exemplo de diretrizes de projeto (Meta + Medida)
1. Peso do objeto móvel	A massa do objeto no campo gravitacional. A força que o corpo apresenta para se apoiar ou sustentar.	Peso dos sistemas de supressão de incêndios móveis.	Reduzir o peso do objeto móvel, para facilitar o deslocamento
2. Peso do objeto estático	A massa do objeto no campo gravitacional. A força que o corpo apresenta para se apoiar ou sustentar.	Peso dos sistemas de supressão de incêndios fixos.	Reduzir o peso do objeto estático, para facilitar o manuseio
3. Comprimento do objeto móvel	Qualquer uma dimensão linear, não necessariamente a maior, é considerado o comprimento do objeto.	Largura, altura, diâmetro, entre outras dimensões dos sistemas de supressão móveis.	Reduzir as dimensões do sistema móvel para facilitar a operação,

Quadro 31- Exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio

(continua)

Parâmetro de Engenharia (variáveis genéricas oriundas de diferentes áreas)	Significado do Parâmetro de Engenharia	Exemplo prático	Exemplo de diretrizes de projeto (Meta + Medida)
			de modo a não impactar na área de proteção.
4. Comprimento do objeto estático	Qualquer uma dimensão linear, não necessariamente a maior, é considerado o comprimento do objeto.	Largura, altura, diâmetro, entre outras dimensões dos sistemas de supressão fixos.	Reduzir as dimensões do sistema estático para facilitar a instalação, de modo a não impactar na área de proteção.
5. Área do objeto móvel	Uma característica geométrica representada pela parte de um plano fechado por linhas. A parte de uma superfície ocupada pelo objeto ou a medida da superfície, interna ou externa, de um objeto.	Área de ocupação do sistema de supressão móvel.	Reduzir a área do sistema móvel para facilitar a operação e logística
6. Área do objeto de estático	Uma característica geométrica representada pela parte de um plano fechado por linhas. A parte de uma superfície ocupada pelo objeto ou a medida da superfície, interna ou externa, de um objeto.	Área de ocupação do sistema de supressão fixo.	Reduzir a área do sistema estático para facilitar a instalação e logística
7. Volume do objeto móvel	A medida cúbica do espaço ocupado pelo objeto. Por exemplo, comprimento x largura x altura de um objeto retangular, altura x área de um cilindro, entre outros.	Capacidade volumétrica do sistema de extinção móvel.	Otimizar a capacidade volumétrica do sistema móvel, para ter maior poder de supressão
8. Volume do objeto de estático	A medida cúbica do espaço ocupado pelo objeto. Por exemplo, comprimento x largura x altura de um objeto retangular, altura x área de um cilindro, entre outros.	Capacidade volumétrica do sistema de extinção fixo.	Otimizar a capacidade volumétrica do sistema estático, para ter maior poder de supressão
9. Velocidade	Corresponde à distância percorrida em função do tempo.	Velocidade de aspersão do agente em função do tempo de extinção.	Maximizar a velocidade de aspersão para que a extinção ocorra mais rapidamente.
10. Força	Força medida da interação entre os sistemas. Na física Newtoniana, força = massa x aceleração. Na TRIZ, força é qualquer interação que ocorre no sentido de alterar o estado de um objeto.	Introdução de uma força externa, rompendo a inércia do sistema de supressão.	Otimizar a força do sistema de atuação, de modo que acione o dispositivo de combate.

Quadro 31- Exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio

(continua)

Parâmetro de Engenharia (variáveis genéricas oriundas de diferentes áreas)	Significado do Parâmetro de Engenharia	Exemplo prático	Exemplo de diretrizes de projeto (Meta + Medida)
11. Tensão, pressão	Força por unidade de área. Também denominada de tensão.	Pressurização do dispositivo para combate ou tensão necessário para atuação do sistema.	Otimizar a tensão necessária para atuação do sistema.
12. Forma	Os contornos externos do sistema, a aparência do sistema.	Geometria do equipamento de supressão de incêndio.	Otimizar a geometria para facilitar o manuseio, instalação, logística, manutenção e descarte.
13. Estabilidade do objeto	Representa a integridade do sistema e a relação entre os componentes que formam o sistema. Uso, decomposição química e desmontagem do sistema contribui no sentido de diminuir a estabilidade do sistema. No sentido crescente da entropia, diminui a estabilidade do sistema.	Reação química entre o agente extintor e o material do reservatório.	Considerar as opções de agentes extintores e de materiais do recipiente, para impedir a utilização de materiais que possam reagir
14. Resistência	Ponto, até o qual, o objeto pode resistir a mudar de estado. Por exemplo, resistência a frenagem.	Resistência ao fogo do sistema de supressão.	Maximizar a resistência do sistema de supressão
15. Durabilidade do objeto móvel	O tempo que o objeto pode executar a ação. O tempo de vida do objeto. O tempo de duração de uma ação até o momento que ocorre uma falha do objeto. Também, durabilidade.	Ciclo de vida do dispositivo de supressão móvel	Aumentar o tempo do ciclo de vida do sistema móvel
16. Durabilidade do objeto estático	O tempo que o objeto pode executar a ação. O tempo de vida do objeto. O tempo de duração de uma ação até o momento que ocorre uma falha do objeto. Também, durabilidade.	Ciclo de vida do dispositivo de supressão fixo.	Aumentar o tempo de ciclo de vida do sistema estático
17. Temperatura	A condição térmica do sistema. Inclui, outros parâmetros térmicos como, por exemplo, a capacidade térmica, que determina a taxa de mudança de temperatura.	Temperatura de acionamento do sistema de combate.	Otimizar a temperatura de acionamento do sistema, para atuar no início do sinistro
18. Brilho	Fluxo de luz por área de unidade. Pode ser também qualquer outra característica de iluminação do sistema	Sinalização dos dispositivos e periféricos.	Intensificar a sinalização de alerta de incêndio

Quadro 31- Exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio

(continua)

Parâmetro de Engenharia (variáveis genéricas oriundas de diferentes áreas)	Significado do Parâmetro de Engenharia	Exemplo prático	Exemplo de diretrizes de projeto (Meta + Medida)
	como, por exemplo, brilho, qualidade clara, entre outras.		
19. Energia gasta pelo objeto móvel	A medida da energia gasta pelo sistema objeto para executar uma ação. Em mecânicas clássicas, a energia é dada pelo produto da força pela distância. Isto inclui a utilização da energia provida por super-sistemas (como, por exemplo, energia elétrica ou calor). Também, pode ser a energia exigida para fazer uma atividade particular.	Carga de energia necessária para o acionamento do sistema de combate móvel.	Otimizar a carga de energia necessária para ativar o sistema de combate móvel
20. Energia gasta pelo objeto estático	A medida da energia gasta pelo sistema objeto para executar uma ação. Em mecânicas clássicas, a energia é dada pelo produto da força pela distância. Isto inclui a utilização da energia provida por super-sistemas (como, por exemplo, energia elétrica ou calor). Também, pode ser a energia exigida para fazer uma atividade particular.	Carga de energia necessária para o acionamento do sistema de combate fixo.	Otimizar a carga de energia necessária para ativar o sistema de combate estático
21. Potência	A taxa de tempo no qual uma ação é executada. A taxa de uso da energia.	Potência necessária para o acionamento do sistema de combate a incêndio.	Otimizar a potência de acionamento do sistema
22. Perda de energia	Corresponde ao uso de energia que não contribui para a realização de uma ação. Em muitos casos, para se reduzir as perdas de energia faz-se necessário empregar diferentes técnicas	Carga de energia excedente para acionamento do sistema.	Reduzir a carga excedente, que não contribui para ação de acionamento
23. Perda de substância	Parcial ou completa, permanente ou temporária, corresponde a perda de alguns dos materiais, substâncias ou subsistemas do sistema.	Desperdício de agente extintor durante o combate.	Reduzir o desperdício de agente extintor
24. Perda de informação	Parcial ou completa, permanente ou temporária, corresponde a perda ou aquisição de dados que ocorrem no sistema.	Perda de aquisição dos dados na central supervisória.	Eliminar as perdas de informação nas centrais de controle, por meio de

Quadro 31- Exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio

(continua)

Parâmetro de Engenharia (variáveis genéricas oriundas de diferentes áreas)	Significado do Parâmetro de Engenharia	Exemplo prático	Exemplo de diretrizes de projeto (Meta + Medida)
	Frequentemente, ocorre a inclusão de informações sensórias, como, por exemplo, aroma, textura, entre outras.		sistemas redundantes
25. Perda de tempo	Tempo é a duração de uma atividade. Reduzindo as perdas de tempo, o tempo necessário para realizar uma atividade é minimizado. “Redução de tempo de ciclo” é um termo comumente empregado.	Tempo entre o início do sinistro e o começo do combate.	Reduzir ao máximo o tempo entre o início do incêndio e o início do combate
26. Quantidade de substância	Corresponde ao número ou a quantia de materiais das substâncias, das partes, dos subsistemas ou dos sistemas que, podem ser alterados completamente ou parcialmente, permanentemente ou temporariamente.	Volume do agente extintor.	Otimizar o volume de agente extintor, de modo a realizar a extinção sem desperdícios
27. Confiabilidade	A habilidade do sistema em executar suas funções de maneira e em condições previsíveis.	Confiança do sistema, seja na detecção, alarme, acionamento e/ou supressão.	Maximizar a confiabilidade do sistema, realizando a detecção, alarme, acionamento e/ou supressão, o mais breve, evitando falso positivo
28. Precisão de medida	A proximidade entre o valor especificado e o valor medido de uma propriedade do sistema. Reduzindo o erro de uma medida tem-se um aumento da precisão do sistema.	Proximidade entre o tempo de detecção, acionamento e/ou combate estimado em projeto e o tempo medido experimentalmente.	Aumentar precisão de tempo estimado detecção, acionamento e/ou combate em ambiente controlado e tempo real
29. Precisão de manufatura	Correspondem as características e os requisitos do sistema obtidas durante o processo de manufatura, em relação as características especificadas.	Precisão para a fabricação dos detectores, sinalizadores, acionadores e/ou extintores.	Maximizar precisão na manufatura
30. Fatores prejudiciais, externos, do objeto	A suscetibilidade do sistema em gerar, externamente, efeitos prejudiciais.	Danos causados aos materiais presentes no ambiente, durante o combate do sinistro.	Reduzir danos ao ambiente durante a extinção
31. Efeitos colaterais da ação do objeto	Um efeito prejudicial é aquele que causa a redução da eficiência ou da qualidade do sistema. Estes efeitos prejudiciais são	Falso positivo e demora para detecção do fogo.	Evitar falso positivo, por meio de sistema em laço cruzado

Quadro 31- Exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio

(continua)

Parâmetro de Engenharia (variáveis genéricas oriundas de diferentes áreas)	Significado do Parâmetro de Engenharia	Exemplo prático	Exemplo de diretrizes de projeto (Meta + Medida)
	gerados pelo sistema, como resultado da sua operação.		
32. Manufaturabilidade	Refere-se ao grau de facilidade, conforto ou esforço despendido na fabricação do sistema.	Simplicidade para fabricação dos sistemas, subsistemas e componentes.	Simplificar o processo de fabricação dos sistemas, subsistemas e componentes
33. Conveniência de uso	Simplicidade. Um sistema não é simples, se a sua operação requer um grande número de pessoas e processos, exige a utilizar ferramentas especiais. Os sistemas simples são preferidos aos complexos, pois é mais fácil executar as suas funções	Facilidade de manuseio do sistema.	Facilitar a utilização dos sistemas.
34. Reparabilidade	Refere-se as características de qualidade do sistema, tais como conveniência, conforto, simplicidade e tempo, necessário para consertar as falhas ou defeitos do sistema.	Plano de manutenção do sistema de detecção, acionamento e/ou extinção.	Facilitar a manutenção dos sistemas, de modo a evitar erros em operações
35 Adaptabilidade ou versatilidade	Corresponde ao modo pelo qual o sistema responde, positivamente, a mudanças externas. Também, refere-se à capacidade do sistema em poder ser utilizado em diferentes modos e circunstâncias.	Utilização do sistema para o combate de diferentes classes de incêndios e/ou facilidade de instalação em ambientes distintos.	Possibilitar adaptações nos sistemas
36. Complexidade do dispositivo	Corresponde ao número, a relação e a diversidade de componentes do sistema. O usuário pode ser um elemento do sistema, aumentando a sua complexidade. A dificuldade de controlar o sistema é uma medida de sua complexidade.	Dificuldade de instalar, operar e/ou controlar os dispositivos de detecção, acionamento, alarme e/ou supressão.	Reduzir a complexidade de instalar, operar e/ou controlar os dispositivos de detecção, acionamento, alarme e/ou supressão.
37. Complexidade de controle	A dificuldade de analisar (detectar, medir, controlar) o sistema pode ser avaliado considerando o custo, o tempo e as atividades para obter informações, diagnosticar e corrigir o sistema e, também as relações entre os componentes do sistema	Custo, capacidade de processamento e tempo de detecção, acionamento e/ou extinção.	Reduzir a complexidade de controle dos sistemas.

Quadro 31- Exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio

(continua)

Parâmetro de Engenharia (variáveis genéricas oriundas de diferentes áreas)	Significado do Parâmetro de Engenharia	Exemplo prático	Exemplo de diretrizes de projeto (Meta + Medida)
38. Nível de automação	Até que ponto um sistema executa as suas funções sem necessitar da interface humana. O nível mais baixo de automação é aquele onde o sistema pode ser operado manualmente. Nos níveis intermediários de automação, os especialistas programam as ferramentas, observam com elas operam e interrompem ou reprogramam caso seja necessário. Nos níveis mais altos de automação, a máquina analisa o processo, desenvolve o programa e controla as suas operações.	Grau de automação da operação dos elementos do sistema, como detecção, alarme, acionamento e extinção do fogo.	Maximizar o número de ações autônomas do sistema
39. Produtividade	Corresponde ao número de funções ou operações executadas por um sistema por unidade de tempo. O tempo para uma função ou operação unitária. A produção por unidade de tempo ou o custo por unidade de produção.	Tempo e número de funções necessárias para detecção do fogo, sinalização, acionamento e/ou extinção.	Otimizar o tempo para detecção do fogo, sinalização, acionamento e/ou extinção.

Fonte: Autoria própria

É importante ressaltar que as informações levantadas na TRIZ são sugestões de encaminhamento para a equipe, a fim de solucionar as restrições de projeto. É importante que, a depender do problema de projeto a ser tratado, deve ser realizada uma análise criteriosa das soluções sugeridas, assim como, novas soluções devem ser geradas.

Ao finalizar as tarefas do Projeto Informacional, deve-se realizar a avaliação do *Stage Gate*, visando comparar se o projeto elaborado está em conformidade, por meio de critérios pré-estabelecidos. Além disso, é fundamental documentar as decisões tomadas e registrar as lições aprendidas, pois contribui para a gestão do conhecimento, e aprimorar o processo de desenvolvimento de produto da empresa, fazendo com que decisões assertivas sejam internalizadas e as ações errôneas sejam dirimidas.

Com objetivo de auxiliar a verificação e análise das informações levantadas na etapa de projeto informacional, foi construído o Quadro 32, que apresenta um *check list*

para a fase de projeto informacional da solução de combate a incêndio para cada fase do ciclo de vida.

Quadro 32- *Check-list* para verificação da fase de projeto informacional da solução de combate a incêndio

(continua)

Fases do ciclo de vida	Check list para a fase de projeto informacional do projeto para combate a incêndio
Desenvolvimento e projeto	<p>Contratação do projeto para combate a incêndio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foram identificados os atores envolvidos no desenvolvimento da solução de combate a incêndio ? • Foram identificadas as oportunidades de mercado e o objetivo geral do projeto? <p>Definição das fases do ciclo de vida da solução de combate a incêndio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foram definidas as fases do ciclo de vida da solução de combate a incêndio? • Foram identificadas as empresas, funções e aspectos a serem considerados no ciclo de vida? <p>Definição das restrições de projeto do componente injetado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foram levantadas informações sobre a interface do sistema? • Foram levantadas as características do ambiente que se deseja proteger? • Foram definidas as restrições associadas ao sistema de combate e a edificação? • Foram definidas as restrições associadas a custo ? <p>Definição das necessidades de projeto da solução de combate a incêndio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foram identificados os clientes envolvidos nas fases do ciclo de vida do produto ? • Foram identificadas as necessidades econômicas da solução de combate a incêndio? • Foram identificadas as necessidades técnicas da solução de combate a incêndio? <p>Estabelecimento dos requisitos de projeto da solução de combate a incêndio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foram identificados os campos de conhecimento relacionados às necessidades dos clientes? • Foram identificados os requisitos técnicos da solução de combate a incêndio? <p>Desenvolvimento de análises sobre as necessidades dos clientes e requisitos de projeto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foram identificados os requisitos mais importantes e as contradições entre os requisitos? • Foi realizada uma avaliação de <i>benchmark</i> e planejada a qualidade do produto sobre as necessidades dos clientes ? • Foi realizada uma avaliação da competitividade técnica sobre os requisitos de projeto? • Foi realizado o planejamento de metas de qualidade sobre os requisitos de projeto? • Foram avaliados fatores de dificuldade de implementação das metas de qualidade? <p>Definição das especificações de projeto da solução de combate incêndio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foram identificadas as saídas desejadas e as saídas indesejadas de cada requisito? • Foram estabelecidas as metas para os requisitos de projeto? • Foram definidas as especificações de projeto? • Foram identificados os requisitos de projeto a serem otimizados e os requisitos em contradição? • Foram associados a estes requisitos os parâmetros de engenharia da TRIZ ? • Foram identificados os princípios inventivos da TRIZ e estes foram associados aos requisitos do projeto de solução de combate a incêndio? • Foram identificadas as diretrizes de projeto da solução de combate a incêndio?

Quadro 32- *Check-list* para verificação da fase de projeto informacional da solução de combate a incêndio

(continua)

Fases do ciclo de vida	Check list para a fase de projeto informacional do projeto para combate a incêndio
Fabricação e Montagem	<ul style="list-style-type: none"> • Foram determinadas informações sobre a manufatura do produto ? • Foram previstos aspectos relacionados à montagem da solução de combate a incêndio? • Foram previstos aspectos a possibilidade de reação do contato entre o material e o agente extintor? • Foi definido a influência do processo de manufatura sobre o acabamento e a resistência do produto de combate a incêndio? • Foram previstos aspectos relacionados à montagem do componente no sistema técnico ? • Foram previstos aspectos de integração entre a solução gerada e os sistemas periféricos de combate a incêndio?
Transporte e Estocagem	<ul style="list-style-type: none"> • Foram previstas questões relacionadas ao transporte e distribuição (peso e volume da embalagem, veículos a transportar e distribuir, temperatura e umidade do transporte, etc)? • Foram previstas questões associadas ao armazenamento (local de armazenamento, condições de armazenamento do produto e agente extintor, etc ?
Venda e Compra	<ul style="list-style-type: none"> • Foram previstos aspectos relacionados aos canais de venda da solução de combate a incêndio, tempo de entrega, parcerias necessárias para aumentar as vendas? • Foram definidas quais as garantias da solução de combate a incêndio? • Foram definidas informações relativas ao preço de venda? • Foram previstos aspectos relacionados a estruturação do serviço de pós venda?
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> • Foram previstos aspectos relacionados a instalação da solução de combate a incêndio? • Foram definidas os pré-requisitos necessários para realizar a instalação da solução de combate a incêndio? • Foram consideradas as necessidades de intervenções na estrutura para instalar o equipamento? • Quais as restrições para instalar a solução de combate a incêndio?
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Foram consideradas as informações sobre o modo e instruções de uso do sistema pelos clientes ? • Foram previstas questões relacionadas à utilização do (identificação, segurança, acionamento, etc)? • Foram definidas as formas de acionamento da solução de combate a incêndio? • Foram previstas a necessidade de integração com outros sistemas? • Foram consideradas as formas de detecção e extinção do incêndio? • Foram previstos meios de evitar falso positivo de incêndio?
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Foram consideradas formas de facilitar a manutenção? • Foram previstos aspectos relacionados a manutenção?
Atualização/Upgrade	<ul style="list-style-type: none"> • Foram previstos aspectos relacionados a atualizações do sistema?
Reuso, Reciclagem e Descarte	<ul style="list-style-type: none"> • Foram previstos aspectos relacionados à desmontagem do sistema de combate a incêndio após o uso ? • Foram previstas questões relacionadas ao reuso e reciclagem (orientação para desmontagem, materiais utilizados, forma de identificação do material e outros) no projeto informacional do sistema de combate a incêndio ? • Foram previstas questões relacionadas à deposição final dos demais componentes do produto que não podem ser reusados ou reciclados? • Foram previstas questões relacionadas à deposição final (coleta do produto, rota e locais de descarga, forma de disposição e outros) no projeto informacional da solução de combate a incêndio?

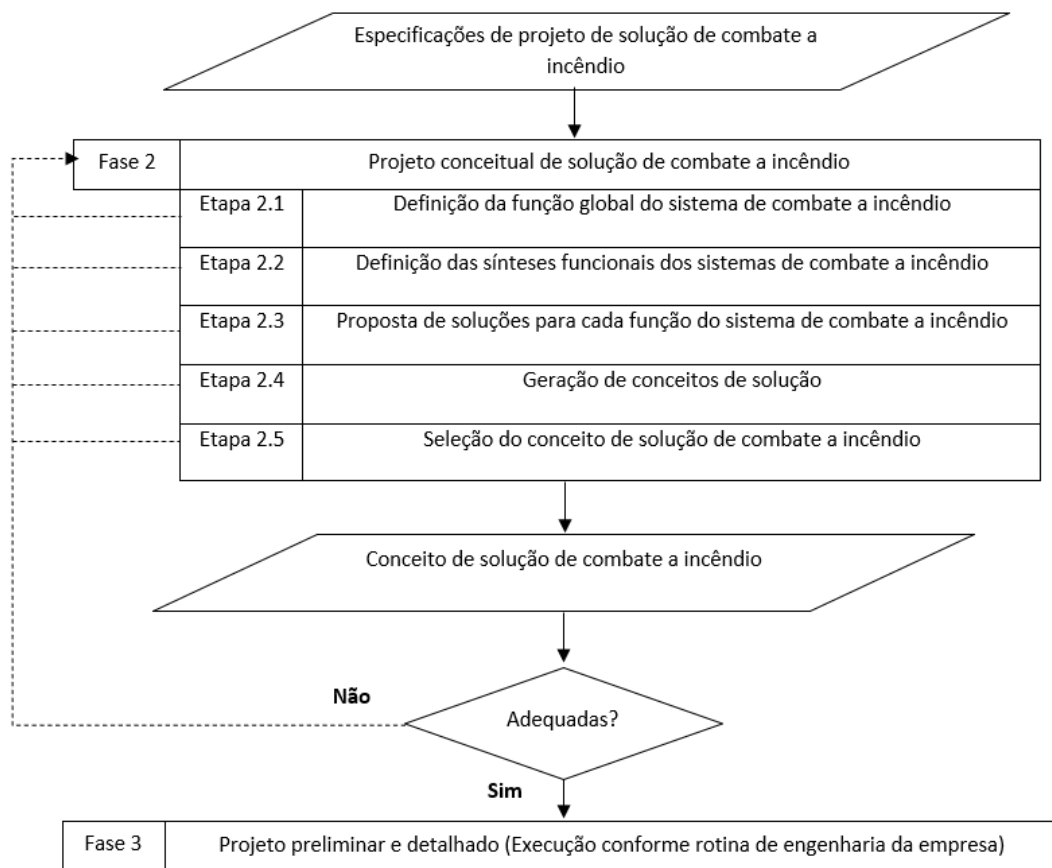
Fonte: Adaptado de Ferreira (2002)

A partir da realização deste *check-list*, a equipe de projeto pode verificar de maneira criteriosa se as informações levantadas são adequadas e suficientes. Caso as informações não sejam adequadas ou suficientes, deve-se revisar a fase de projeto informacional. Caso contrário, deve-se iniciar a fase de projeto conceitual, descrita na seção a seguir.

5.5 Projeto conceitual de soluções de combate a incêndio

De forma geral, a fase de projeto conceitual visa buscar, criar, representar e selecionar soluções com base nas informações levantadas na fase de projeto informacional. Para esta fase sugere-se a execução das etapas: Definição da função global do sistema de combate a incêndio; Definição das sínteses funcionais dos sistemas de combate a incêndio; Proposta de soluções para cada função do sistema de combate a incêndio; Geração de conceitos de solução; Seleção do conceito de solução de combate a incêndio.

Figura 20- Etapas do projeto conceitual de soluções de combate a incêndio



Fonte: Autoria própria

Etapa 2.1 Definição da função global do sistema de combate a incêndio

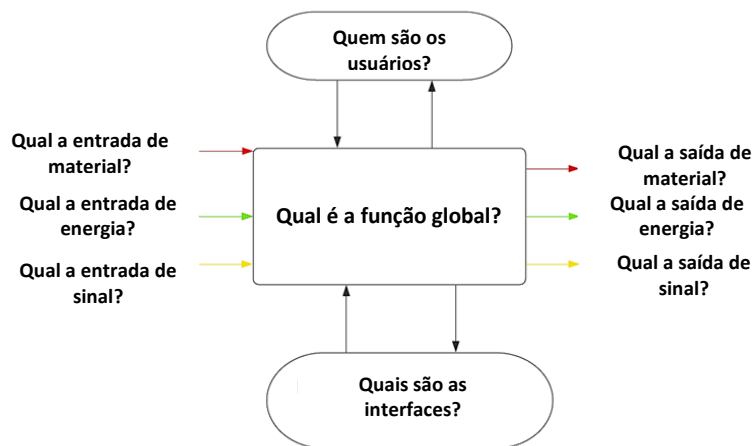
Após a clara definição das necessidades, requisitos e especificação do projeto obtidas nas etapas anteriores, deve-se construir a função global da solução. A função global corresponde a afirmação condensada e subjetiva que representa a funcionalidade do produto e suas interfaces com demais sistemas e o meio ambiente, para modelar funcionalmente o produto, é importante relacionar o sistema técnico e

físico, por meio de fluxos básicos de energias, materiais e sinais. Para construir a função global, o pesquisador deve:

- a) Definir a função global do sistema técnico;
- b) Interface: Usuário, meio ambiente;
- c) Interface: Outros sistemas técnicos/produtos;
- d) Estado inicial (entrada): energia, material, sinal;
- e) Estado final (saída): energia, material, sinal.

A Figura 21 ilustra a estrutura da função global, conforme descrito anteriormente. Com base em cada problema que se busque solucionar a função global terá diferentes concepções.

Figura 21- Estrutura da função global



Fonte: Autoria própria

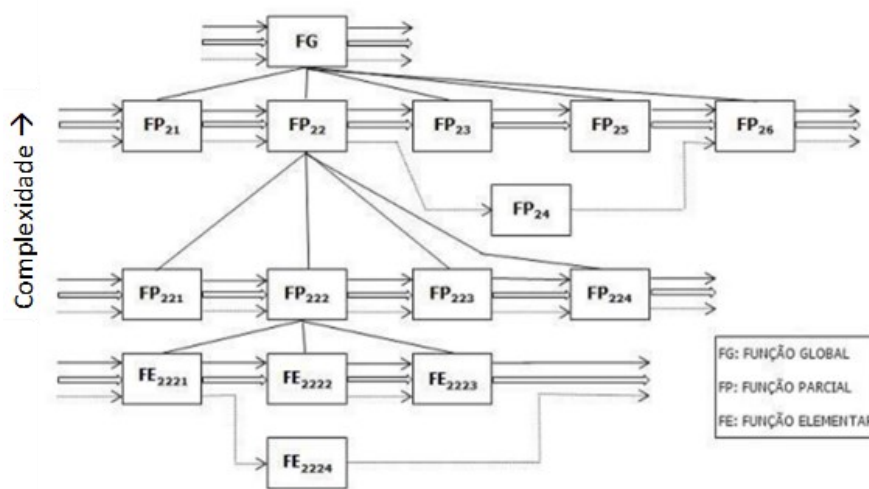
Etapa 2.2 Definição das sínteses funcionais dos sistemas de combate a incêndio

Após a declaração da função global, esta deve ser decomposta sucessivamente em sub funções, pois a função global do sistema, na maioria das vezes, é complexa, o que dificulta a definição de princípios de solução, à medida que a função global é desdobrada em sub funções a complexidade diminui, deixando claro o que deve ser feito, para facilitar ainda mais o entendimento, as sub funções devem ser estruturadas pela junção do verbo e substantivo. Em que se pode construir mais de uma síntese funcional para uma função global. Para elaborar a síntese funcional, o pesquisador deve:

- a) Desdobrar sucessivamente a função global em sub funções identificadas nas especificações de projeto ou nas interfaces;
- b) Estruturar a síntese funcional pela junção do verbo e substantivo;
- c) Identificar as entradas (energia, material, sinal) em cada sub-função;
- d) Verificar a existência de soluções em diferentes áreas para cada nível de desdobramento.

A Figura 22 ilustra a estrutura da Síntese Funcional, conforme descrito.

Figura 22- Estrutura da Síntese Funcional



Fonte: Back et al. (2008)

Com base nos 40 princípios inventivos (PI) propostos pela TRIZ, nos estudos de caso e nas normas brasileiras foram listadas as principais funções que podem ser consideradas no desenvolvimento do processo de desenvolvimento de equipamentos de combate a incêndio, com intuito de orientar, e sob hipótese alguma limitar o desenvolvimento de soluções de combate a incêndio. Conforme apresentado no Quadro 33.

Quadro 33- Funções relacionadas aos princípios inventivos da TRIZ, estudo de caso e normas brasileiras (continua)

Funções	Origem
Modular dispositivo	PI TRIZ - 1. Segmentação
Liberar agente extintor	PI TRIZ - 2. Extração
Integrar atuador e dispositivo de combate	PI TRIZ - 3. Qualidade local
Conceber aspersores assimétricos	PI TRIZ - 4. Assimetria
Combinar sensores e controladores	PI TRIZ - 5. Combinando
Integrar detecção, alarme e extinção de incêndio em um único dispositivo	PI TRIZ - 6. Universalidade
Possibilitar a compactação	PI TRIZ - 7. Aninhamento
Utilizar suportes	PI TRIZ - 8. Neutralizar o peso (Counterweight)
Compensar tensão sobre dispositivo	PI TRIZ - 9. Contador de ação antecessor
Direcionar agente extintor	PI TRIZ - 10. Ação antecessora
Permitir formas alternativas de atuação	PI TRIZ - 11. Amortecer antecipadamente
Atuar remotamente	PI TRIZ - 12. Equipotencialidade.
Alterar posição do dispositivo	PI TRIZ - 13. Inversão
Permitir o movimento giratório do aspersor	PI TRIZ - 14. Esfericidade

Quadro 33- Funções relacionadas aos princípios inventivos da TRIZ, estudo de caso e normas brasileiras

(continua)

Funções	Origem
Promover a movimentação automática	PI TRIZ - 15. Dinamicidade
Inserir redundância	PI TRIZ - 16. Ação parcial ou exagerada
Permitir deslocamento do dispositivo	PI TRIZ - 17. Movendo para uma nova dimensão
Suprimir o fogo a partir da vibração mecânica	PI TRIZ - 18. Vibração mecânica
Usar sinalizador pulsante	PI TRIZ - 19. Ação periódica
Aspergir o agente extintor ininterruptamente	PI TRIZ - 20. Continuidade de uma ação útil
Acionar dispositivo imediatamente	PI TRIZ - 21. Tornar mais rápido (rushing through)
Usar o fogo para acionar o dispositivo	PI TRIZ - 22. Converter dano em benefício
Introduzir realimentação	PI TRIZ - 23. Realimentação
Verificar status de operação	PI TRIZ - 24. Mediador
Fazer o objeto se auto reparar	PI TRIZ - 25. Auto-serviço
Reproduzir ações conhecidas	PI TRIZ - 26. Copiando
Utilizar invólucro que seja consumido no fogo	PI TRIZ - 27. Uso e descarte
Utilizar um atuador eletromagnético	PI TRIZ - 28. Substituição de um sistema mecânico
Promover expansão volumétrica	PI TRIZ - 29. Construção pneumática ou hidráulica
Revestir com membrana anti-chamas	PI TRIZ - 30. Membranas flexíveis ou filmes finos
Proteger sistema com material poroso	PI TRIZ - 31. Utilize material poroso
Destacar a cor dos elementos de combate Alertar presença do incêndio	PI TRIZ - 32. Alteração da cor
Usar agente extintor homogêneo	PI TRIZ - 33. Homogeneidade
Utilizar material que seja consumido pelo fogo	PI TRIZ - 34. Rejeitando e regenerando partes
Alterar o sistema técnico	PI TRIZ - 35. Transformação dos estados físicos e químicos de um objeto
Usar aumento da temperatura na transformação de fases	PI TRIZ - 36. Transformação de fase
Expandir termicamente elemento de atuação	PI TRIZ - 37. Expansão térmica
Abafar o fogo	PI TRIZ - 38. Utilize oxidantes fortes
Utilizar gás inerte	PI TRIZ - 39. Ambiente inerte
Combinar materiais	PI TRIZ - 40. Materiais compostos
Determinar mecanismo de extinção	Estudo de caso
Estabelecer método de acionamento	Estudo de caso
Definir agente extintor	Estudo de caso
Instalar a solução de combate	Estudo de caso
Detectar o incêndio	Estudo de caso
Processar informação dos detectores	Estudo de caso

Quadro 33- Funções relacionadas aos princípios inventivos da TRIZ, estudo de caso e normas brasileiras
(continua)

Funções	Origem
Alertar a presença do incêndio	Estudo de caso
Monitorar o ambiente	Estudo de caso
Controlar o ambiente	Estudo de caso
Verificar status de funcionamento	Estudo de caso
Usar extintores portáteis	ABNT NBR 15808:2013
Usar extintores sobre rodas	ABNT NBR 15809:2013
Monitorar a pressão	ABNT NBR 15808:2013
Extinguir incêndio com pó	ABNT NBR 9695:2014
Extinguir incêndio com espuma	ABNT NBR 15511
Operar mangueira de incêndio	ABNT NBR 11861:1998
Sinalizar o ambiente	ABNT NBR 13434-3:2005
Utilizar Sprinklers	ABNT NBR 16400
Regular aspersor	ABNT NBR 14870-1:2013
Operar central de alarme e detecção	ABNT NBR 7240-2:2012
Acionar manualmente os alarmes	ABNT NBR 7240-11:2012
Utilizar alarme sonoro	ABNT NBR 7240-3:2015
Utilizar alarme visual	ABNT NBR 7240-23:2016
Definir fontes de alimentação para centrais de alarme	ABNT NBR 7240-4:2013
Detectar fumaça por dispersão de luz ou ionização	ABNT NBR 7240-7:2015
Detectar a temperatura	ABNT NBR 7240-5:2014
Usar cilindro de aço para extintor de CO ₂	ABNT NBR 16357:2015
Usar válvulas e acessórios para hidrantes	ABNT NBR 16021:2011
Escolher cilindros para gás limpo	NBR/ISSO 9808-1:2015
Instalar sistema de iluminação de emergência	ABNT NBR 10898:2013
Instalar sistema de hidrantes e mangotinhos	ABNT NBR 13714:2000

Fonte: Autoria própria

É importante salientar que as funções levantadas a partir dos princípios inventivos da TRIZ, estudo de caso e normas, são apenas sugestões. E a depender do problema de projeto a ser tratado, deve ser realizada uma análise criteriosa das funções sugeridas, assim como, novas funções devem ser geradas. Em seguida, deve-se propor soluções para cada função do sistema, ilustrado pela etapa 2.3, descrita a seguir.

Etapa 2.3 Proposta de soluções para cada função do sistema de combate a incêndio






























Após a construção da síntese funcional do produto, deve-se elaborar a Matriz Morfológica, em que se deve propor diferentes princípios de solução para cada função especificada nas etapas anteriores, com o intuito de encontrar soluções alternativas para



o problema é fundamental usar a criatividade, “pensar fora da caixa” com objetivo de considerar diferentes possibilidades. Para construir a matriz morfológica, o pesquisador deve:

- a) Preencher a primeira coluna da matriz com a sequência de funções especificada na síntese funcional;
- b) Pesquisar princípios de solução diversos para cada função e preencher nas linhas correspondentes;
- c) Combinar os princípios inventivos para gerar concepções alternativas para o problema central.

A Figura 23 ilustra uma matriz morfológica preenchida de forma genérica, com objetivo de exemplificar a construção da Matriz morfológica. Nela foram consideradas as características das funções: Definir mecanismo de extinção; Definir método de acionamento; Definir agente extintor; Instalar a solução de combate; Detectar o incêndio; Processar informação dos detectores; Alertar a presença do incêndio; Monitorar e controlar o ambiente. Os princípios inventivos da TRIZ identificados como potenciais soluções das contradições inventivas, devem ser consideradas como alternativas para construção da matriz morfológica. Assim, um exemplo ilustrativo referente às funções citadas, é ilustrando na Figura 23.

Figura 23- Exemplo de uma matriz morfológica

Função		Princípios de solução para cada função da síntese funcional							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
F1	Definir mecanismo de extinção	 Bico aspersor	 Bola extintora	 Jato	 granada	 Canhão de espuma	 drone	 robôs	 sistema sônico
F2	Definir método de acionamento	 Atuador elétrico	 Bulbo de vidro /temperatura	 Comando remoto	 Lançador	 Botoeira	 Manual		
F3	Definir agente extintor	 Água	 Pó químico seco	 Espuma	 CO2	 Wet Chemical	 Névoa de água	 Agente limpo	
F4	Instalar a solução de combate	 Estação de bombas	 Tubulação	 Cilindros	 Cabos suspensos	 Reservatório técnico de água	 Parafusar	 Móvel (sem instalação)	 Suporte

F5	Detectar o incêndio	 Detectores de térmicos	 Detectores de fumaça	 Detectores de gás	 Detectores de chama	 Detectores de multisensor	 Detecção por meio de imagem	 Detecção de incêndio por vídeo	 Câmera de imagem térmica
F6	Processar informação dos detectores	 Central de supervisão endereçável	 Central de supervisão convencional						
F7	Alertar a presença do incêndio	 Sinalização audiovisual	 sinalização sonora	 Sinalização visual	 Placas de sinalização	 celular/ computador			
F8	Monitorar e controlar o ambiente	 Monitoramento remoto profissional	 Visual	 Monitorament o remoto por usuários	 Conectado à brigada do corpo de bombeiros				
F9	Verificar status de operação	 Manômetro	 IHM – relatório de funcionamento						

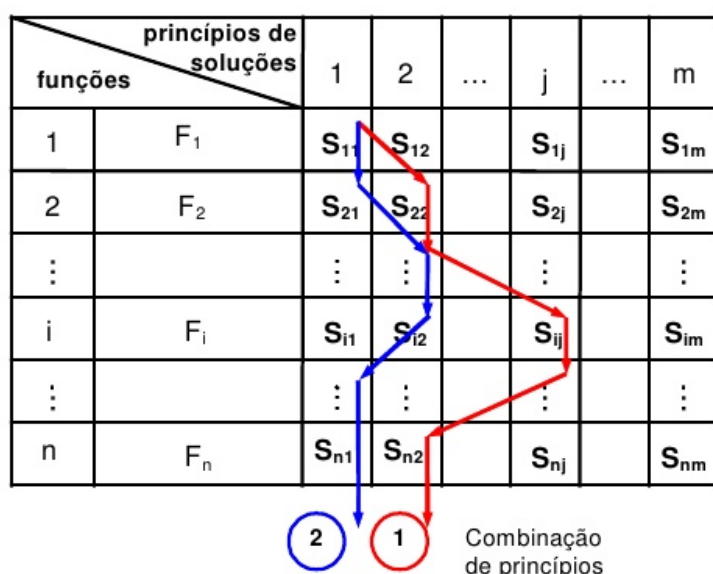
Fonte: Autoria própria

A matriz morfológica ilustrada na Figura 23, possibilita uma variada gama de combinações de princípios inventivos para a concepção da solução de combate a incêndio, esta etapa corresponde a geração de conceitos de solução, que é descrita a seguir, na etapa 2.4.

Etapa 2.4 Geração de conceitos de solução

Conforme mencionado, na matriz morfológica são expostas as funções, mapeadas na estrutura funcional, em cada linha da primeira coluna é inserida uma função, e para cada função são elencados os princípios de solução. Posteriormente, os princípios de solução são combinados, gerando os modelos de concepções. Conforme ilustrada na Figura 24.

Figura 24- Matriz morfológica



Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Após a geração das concepções, deve-se selecionar uma solução que apresente maior potencial em comparação às outras, para isso é necessário avaliar sistematicamente as alternativas e estabelecer critérios de comparação, valoração e tomada de decisões. A etapa de seleção será descrita a seguir.

Etapa 2.5 Seleção do conceito de solução de combate a incêndio

A construção da matriz morfológica permite a geração de diversas concepções, a partir da combinação dos diferentes princípios de solução. Estas devem ser comparadas e avaliadas com objetivo de identificar uma concepção potencial que será detalhada posteriormente até se tornar produto e ser destinado aos clientes. Assim, é necessário avaliar sistematicamente as alternativas e estabelecer critérios de comparação, valoração e tomada de decisões. Pode-se utilizar os conceitos de julgamento da viabilidade, disponibilidade tecnológicas, exame passa/não passa e matriz de avaliação. Os requisitos mais importantes e as considerações das

necessidades dos clientes levantadas no projeto informacional, são essenciais para justificativa e escolha da concepção.

Uma das maneiras mais utilizadas para avaliar as alternativas de concepção geradas é a matriz de avaliação, ou método *pugh*, em que os critérios são dispostos na primeira coluna, podendo também inserir uma coluna de pesos relacionados a cada critério de acordo com seu grau de importância. Na primeira linha é indicado cada concepção gerada, deve ser escolhida uma concepção referência para que as outras concepções sejam comparadas a esta.

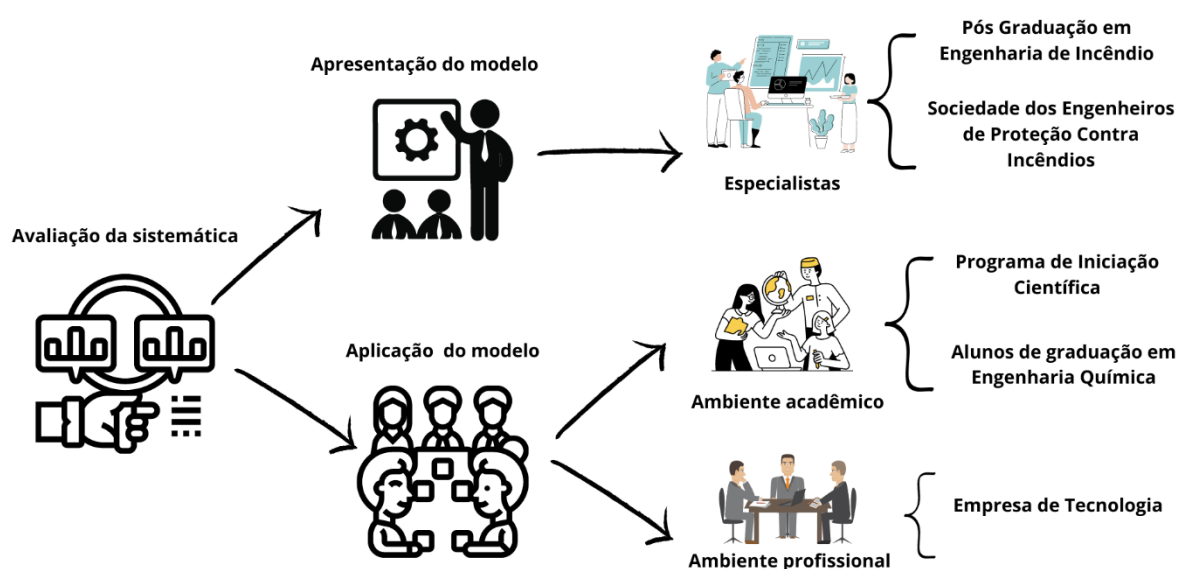
A concepção que obtiver a maior pontuação, deverá ser a escolhida. Por fim, é necessário documentar e detalhar minuciosamente a concepção selecionada, destacando todas as informações pertinentes, e também monitorar a viabilidade econômica. O detalhamento e definições facilitam a concretização da solução, sendo muito importante também a prototipagem e teste do sistema. Além disso, faz-se necessário documentar todas as informações pertinentes e lições aprendidas no desenvolvimento da solução.

A seção a seguir apresenta a avaliação do modelo apresentado no presente capítulo, com o intuito de verificar se atende aos critérios de Aplicabilidade, Clareza Gráfica, Rigor da Representação, Completeza, Robustez, Reusabilidade e Eficiência Econômica.

6 AVALIAÇÃO DO MODELO DESENVOLVIDO

A avaliação tem o intuito de verificar se o modelo atende aos critérios de: aplicabilidade, clareza gráfica, rigor da representação, completeza, robustez, reusabilidade e eficiência econômica. Assim o modelo apresentado no Capítulo 5 foi testado em diferentes formatos, como por meio de apresentações do modelo para especialistas da área. Também a partir de *workshops* de aplicação das etapas, executado no ambiente acadêmico, por grupo de iniciação científica e grupos de alunos da graduação em Engenharia Química e no ambiente profissional, por colaboradores de uma empresa de tecnologia. A Figura 25 ilustra o procedimento de avaliação da sistemática.

Figura 25- Procedimento de avaliação da sistemática



Fonte: Autoria própria

Inicialmente foram feitas apresentações do modelo para especialistas:

- Pós-graduação em Engenharia de Incêndio e;
- Sociedade dos Engenheiros de Proteção Contra Incêndio.

O principal objetivo das apresentações para os especialistas foi obter *feedbacks* sobre os aspectos técnicos, estruturação do modelo, necessidade da ferramenta na prática e pontos de melhoria. Além disso, o modelo proposto foi aplicado por meio de *workshops* e executado por três grupos:

- Alunos de iniciação científica;
- Graduandos da Engenharia Química e;
- Profissionais de uma empresa de tecnologia.

A primeira avaliação foi feita por 3 estudantes do curso de Engenharia de Produção em pesquisa de iniciação científica, projeto cadastrado sob o nº SEI 073.11155.2022.0015422-66. A segunda forma de avaliação foi a realização de um *workshop* com 3 encontros presenciais com duração de 6 horas, no intervalo de tempo de 15 dias de pesquisa, para 21 estudantes do Curso de Engenharia Química. A terceira rodada da avaliação foi direcionada para os profissionais de uma empresa de tecnologia, em que foram realizados 2 encontros presenciais com duração de 6 horas para 8 colaboradores, no intervalo de tempo de 15 dias.

Para analisar as três rodadas de avaliação do modelo, os participantes foram consultados a partir de um questionário, quanto ao atendimento dos critérios, conforme apresentado na literatura (BIESEK, 2018; INTHAMOUSSU, 2015 apud ROMANO 2003; MONTANHA JR. 2004; LEONEL, 2006; IBARRA, 2007; MOEHRLE et al., 2012). O questionário possui 8 seções, sendo a primeira para identificação do respondente e mais 7 seções que objetiva avaliar os seguintes critérios: Aplicabilidade, Clareza Gráfica, Rigor da Representação, Completeza, Robustez, Reusabilidade e Eficiência Econômica. O questionário é composto por 22 questões em escala *likert* de 1 a 5 sobre o modelo de apoio ao desenvolvimento de soluções de combate a incêndio, e uma questão aberta e não obrigatória, para que o respondente exponha sua opinião de forma livre. Conforme apresentado no Quadro 34.

Quadro 34- Questões aplicadas para avaliação da sistemática

(continua)

CRITÉRIOS	QUESTÕES
<p>QUESTÕES DE APLICABILIDADE</p>	<p>1.A orientação sobre a definição das interfaces e o questionário de apoio auxiliou na determinação das principais interfaces do sistema de combate incêndio?</p> <p>2.A compilação das principais soluções disponibilizadas no site (https://fireprotections.wixsite.com/website) ajudou na análise dos produtos similares?</p> <p>3.O questionário para análise do ciclo de vida contribuiu para a determinação e análise das fases do ciclo de vida da solução de combate a incêndio?</p> <p>4.O mapeamento das principais necessidades segundo os especialistas ajudou na definição das necessidades da solução de combate a incêndio?</p> <p>5.A pontuação das necessidades pelos especialistas, em grau de importância, auxiliou na qualificação dos pesos das necessidades?</p> <p>6.O esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio contribuiu para a definição das restrições do produto?</p> <p>7.Os exemplos de diretrizes de projeto de combate a incêndio colaboram para a definição das diretrizes?</p> <p>8.Calculadora on-line da matriz TRIZ adaptada auxiliou na utilização e entendimento dos parâmetros de engenharia e princípios inventivos da matriz TRIZ?</p> <p>9.A lista de funções apresentada contribuiu para a definição das funções do produto?</p> <p>10.Você considera importante a orientação em níveis de segurança contra incêndio para tomada de decisão da forma de proteção?</p>

CRITÉRIOS	QUESTÕES
	11.O modelo apresentado orienta o desenvolvimento dos projetos informacional e conceitual para a concepção de soluções de combate a incêndio? 12.As ferramentas propostas e o material disponibilizado contribuíram para a concepção da solução? 13.A sugestão de avaliação de soluções proposta foi pertinente para verificar o atendimento dos requisitos do produto? 14.O modelo destacou a importância de reportar todas as informações pertinente, lições aprendidas e considerações finais do processo? 15.O modelo proposto se aplica às necessidades do desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em edificações?
QUESTÕES RELACIONADAS A CLAREZA GRÁFICA E RIGOR DA APRESENTAÇÃO	16.A representação gráfica desse modelo (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma clara e amigável as fases e atividades? 17.A representação dessa sistemática (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma objetiva as fases e atividades de forma a não haver redundância?
QUESTÃO RELACIONADA A COMPLETEZA	18.O modelo possui toda a informação necessária para apoiar o desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual para soluções de combate a incêndio?
QUESTÕES RELACIONADAS A ROBUSTEZ E REUSABILIDADE	19.O modelo proposto pode ser generalizado para diferentes classes de produtos de combate a incêndio? 20.A estrutura do modelo pode ser adaptada para uso em outros tipos de produtos?
QUESTOES RELACIONADAS A EFICIÊNCIA ECONÔMICA	21.A execução do modelo, mantendo a qualidade de execução adequada, é enxuta em termos de recursos e tempo, de modo a manter uma relação custo versus benefício viável?
QUESTÕES FINAIS	22.O modelo proposto auxilia o desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio? 23.Esta pergunta não é obrigatória, mas será de grande importância conhecer sua opinião sobre: Como é possível melhorar o modelo de desenvolvimento de produtos? Quais são os pontos positivos e as oportunidades de melhoria? (aberta)

Fonte: Autoria própria

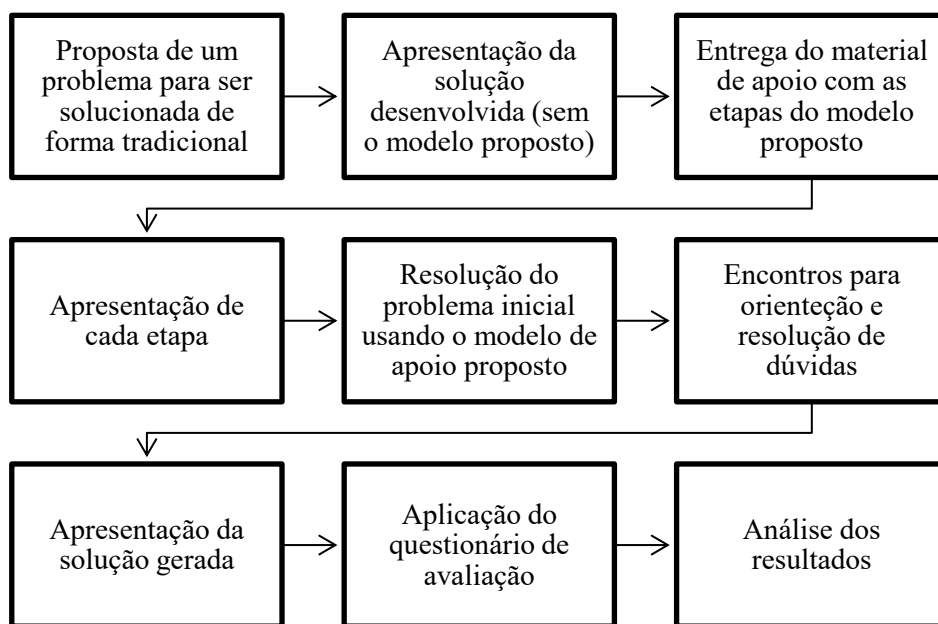
Assim, a partir dos conjuntos de critérios supracitados, foi construído um questionário de avaliação, composto pelas seguintes seções:

1. Caracterização do entrevistado;
2. Análise da aplicabilidade do modelo;
3. Avaliação da clareza gráfica e rigor da apresentação;
4. Verificação da completeza do modelo;
5. Análise da robustez e reusabilidade da sistemática proposta;
6. Avaliação da eficiência econômica do modelo;
7. Análise geral do modelo.

O procedimento geral de aplicação do *workshop* para a avaliação é representado pela Figura 26. Em que inicialmente é proposto um problema para que o grupo solucione com as

ferramentas tradicionais, sem acesso ao modelo proposto desta tese, tendo um tempo de aproximadamente uma semana para desenvolvimento e apresentação da solução. Em seguida, os participantes recebem o material de apoio impresso e encadernado e cada etapa é explicada pela autora com auxílio de *slides*, os encontros são presenciais, e os grupos desenvolvem a solução durante o *workshop* e se encontram fora do ambiente de apresentação para avançar na elaboração da proposta.

Figura 26- Procedimento de avaliação do modelo



Fonte: Adaptado de Inthamoussu (2015)

A seguir, será descrito os resultados das avaliações para todos dos grupos.

6.1 Apresentação da sistemática para os especialistas

A primeira apresentação para os especialistas foi realizada no dia 03 de dezembro de 2022, no programa de Pós Graduação em Engenharia de Incêndio e a segunda no dia 10 de dezembro de 2022 na Sociedade dos Engenheiros de Proteção Contra Incêndios, SFPE, de forma remota. A metodologia empregada foi a apresentação do modelo e aplicação em um estudo de caso prático, com intuito de exemplificar cada etapa no modelo proposto nesta tese. O objetivo da apresentação foi obter *feedbacks* sobre os aspectos técnicos, estruturação do modelo, necessidade da ferramenta na prática e pontos de melhoria. O perfil dos participantes é detalhado no Quadro 35.

Quadro 35- Perfil dos participantes

Especialista (pesquisador, acadêmico...)	3
Empresário e especialista	2
Profissional da área	3
Total	8

Fonte: Autoria própria

A amostra para a apresentação da sistemática foi de 8 pessoas, como destacado no Quadro 35. Com diferentes perfis, como especialistas, empresários e profissionais da área. Entre eles, pode-se destacar a participação de pesquisadores com doutorado na área, pós-doutorado em parceria com a *Fire Research Division no National Institute of Standards and Technology (NIST/EUA)*, empresário experiente em Supressão avançada de combate a incêndios e atual diretor da SFPE do Brasil.

Foi unânime para os participantes a importância da estruturação em níveis da Segurança Contra Incêndio, e foi salientado que o Brasil ainda possui dificuldades na implantação adequada do nível básico. Devido as dificuldades de compreensão da ciência fenomenológica do fogo não é frequente o desenvolvimento de projetos baseados em desempenho. Com intuito de contribuir para o desenvolvimento do nível avançado, foram apresentadas as etapas de desenvolvimento de produtos adaptadas para o combate a incêndio.

Referente ao modelo de desenvolvimento de produtos de combate a incêndio os participantes salientaram a importância do guia para o apoio ao desenvolvimento dos produtos. E como crítica construtiva destacaram a necessidade de indicar o nível de conhecimento da equipe para a execução das etapas. Sob a perspectiva empresarial foram destacados pontos referentes a viabilidade, como o tempo para o desenvolvimento da solução e adequada homologação, certificação para ser introduzido no mercado.

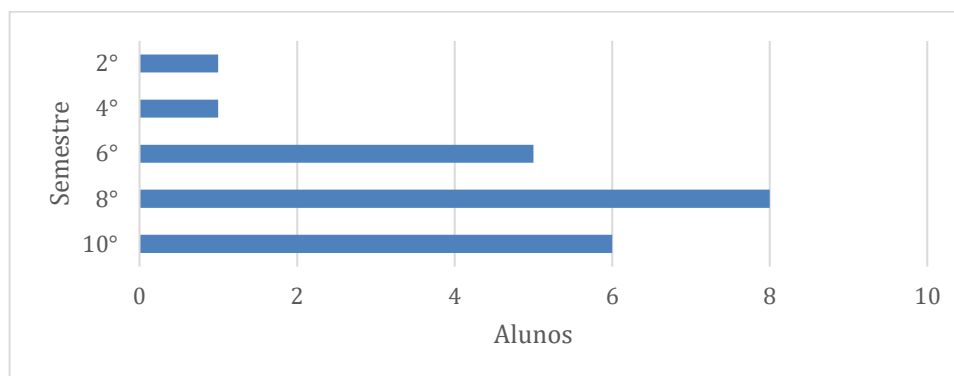
Com intuito de melhorar a sistemática, os *feedbacks* dos participantes foram incorporados no modelo. Indicando que a equipe desenvolvedora, deve preferencialmente ter conhecimento em desenvolvimento de produtos, compreender as legislações sobre a Segurança Contra Incêndio e os conceitos sobre a ciência do fogo. Em relação a viabilidade da sistemática, foi observado que ela se aplica na fase de pesquisa e desenvolvimento, P&D, demandando a necessidade de tempo e investimento para desenvolvimento e teste da nova solução. Uma alternativa para as empresas é captação de recursos por meio de órgãos de fomento ou investimento próprio para a resolução de problemas conhecidos na área. Como por exemplo, dificuldade de instalação de equipamentos de combate a incêndio em edificações já construídas, eficiência no combate ao fogo, danos causados ao ambiente durante a extinção do fogo. Entre outras problemáticas que não são contempladas pelas soluções atuais e são de grande relevância

para garantir a Segurança Contra Incêndio. Estas informações foram detalhadas na subseção: “5.1. Considerações iniciais para utilização do modelo proposto”.

6.2 Avaliação da sistemática em ambiente acadêmico

Para a avaliação do modelo, foi preparado um *workshop* com alunos do curso de Engenharia Química de semestres variados, sendo a maioria do 8º e 10º semestre. A Figura 27 apresenta a distribuição por semestre dos participantes.

Figura 27- Distribuição semestral dos participantes do ambiente acadêmico



Fonte: Autoria própria

Para a aplicação da sistemática os discentes receberam as seguintes instruções: “Prédios históricos preservam importantes acervos da história da humanidade, de valor imensurável. Suas instalações antigas possuem alto potencial combustível. Baixa ou nenhuma proteção contra incêndios, pois sua estrutura não permite intervenções invasivas e o acervo não pode entrar em contato com água. Por isso, as soluções convencionais como *sprinklers* (chuveiros automáticos) não são alternativas adequadas para garantir a segurança destes locais. **DESAFIO:** Vocês estão sendo desafiados a desenvolver um novo produto para solucionar o problema de incêndio em prédios históricos em grupo (4 grupos, entre 5 e 6 pessoas)”.

Após os grupos terem sido formados, os alunos tiveram uma semana para elaborar uma solução a partir das ferramentas tradicionais. Cada grupo apresentou de forma presencial as soluções que haviam alcançado, no entanto, as soluções possuíam limitações para a resolução do problema. Como exemplo, um dos grupos propôs a utilização de fosfato monoamônico como agente extintor, em uma estrutura com tubulações. Esta proposta soluciona o problema de utilização da água, no entanto, é exigido uma intervenção significativa no prédio para instalação da tubulação, o que pode ser um limitante, já que estas estruturas geralmente não suportam intervenções invasivas. Com as apresentações, verificou-se que as propostas de solução aos problemas relacionados com o combate a incêndio foram de compromisso (*trade off*). E os

alunos comentaram a grande dificuldade de encontrar material na literatura para auxiliar na definição das diretrizes do projeto, restrições do sistema e funções da solução. Também encontraram dificuldade para compreender a área de forma geral, mapear os produtos similares e conhecer a opinião dos especialistas.

Para o mesmo objetivo, de desenvolver um produto de combate a incêndio para prédios históricos, foi utilizada a sistemática proposta no Capítulo 5. Para tal, foi entregue um caderno com o passo a passo das etapas, e a partir de uma apresentação em *slide* foi conduzido a aplicação das fases de projeto informacional e conceitual. A duração do *workshop* foi de 3 encontros, com cerca de 6 horas em atividades presenciais, os alunos também tiveram suporte a distância para tirar dúvidas e receber orientações, todo processo levou 15 dias. O Quadro 36 ilustra a estrutura da aplicação e avaliação da sistemática.

Quadro 36- Estrutura da aplicação e avaliação da sistemática em ambiente acadêmico

Workshop	Conteúdos abordados
Abertura 05/12/2022	Início do desafio (solucionar o problema sem o modelo de apoio)
Dia 1 -12/12/2022	Apresentação das soluções obtidas sem a utilização do modelo Fase 1- Projeto informacional de solução de combate a incêndio 1.1 Imersão no sistema-problema de combate a incêndio 1.2 Definição das fases do ciclo de vida de soluções de combate a incêndio 1.3 Mapeamento das necessidades dos clientes 1.4 Definição das restrições do projeto da solução de combate a incêndio 1.5 Definição dos requisitos do projeto da solução de combate a incêndio
Dia 2 -14/12/2022	Fase 1- Projeto informacional de solução de combate a incêndio 1.6 Análise dos requisitos e necessidades 1.7 Descrição das especificações-meta da solução de combate a incêndio 1.8 Definição das diretrizes de projeto Fase 2- Projeto conceitual de solução de combate a incêndio 2.1 Definição da função global do sistema de combate a incêndio 2.2 Definição das sínteses funcionais dos sistemas de combate a incêndio 2.3 Proposta de soluções para cada função do sistema de combate a incêndio
Dia 3 -19/12/2022	Fase 2- Projeto conceitual de solução de combate a incêndio 2.4 Geração de conceitos de solução 2.5 Seleção do conceito de solução de combate a incêndio Apresentação dos resultados obtidos e preenchimento do formulário.

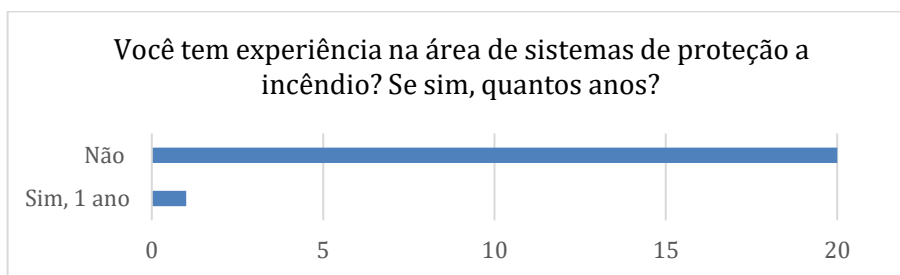
Fonte: Autoria própria

A seguir serão apresentados os resultados obtidos por meio dos questionários, que foram disponibilizados após a execução das etapas, em formato digital (*Google Forms*). Estes tiveram como objetivo avaliar o modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio apresentado no *workshop*, conforme descrito na seção 6. O questionário possui 8 seções, sendo a primeira para identificação do respondente, que será apresentado na subseção 6.2.1.

6.2.1 Questões de caracterização do respondente do ambiente acadêmico

Para compreender o perfil dos respondentes foi feita a pergunta: “Você tem experiência na área de sistemas de proteção a incêndio? Se sim, quantos anos?”. Dos 21 participantes, apenas 1 tem experiência de 1 ano em sistemas de proteção a incêndio. Como apresentado na Figura 28.

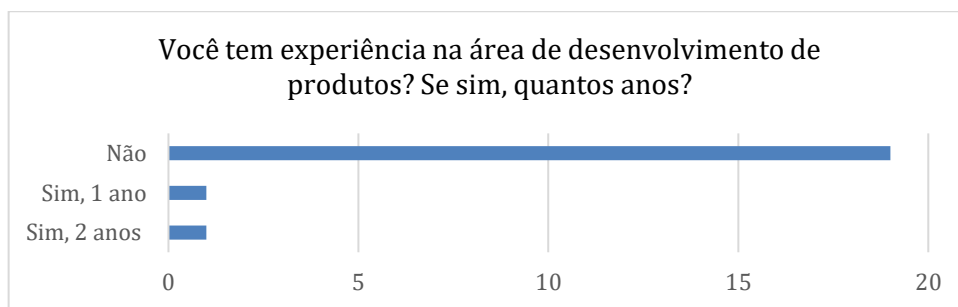
Figura 28- Perfil do respondente do ambiente acadêmico: Experiência com sistemas de proteção a incêndio.



Fonte: Autoria própria

Em seguida, os participantes foram consultados sobre a experiência em desenvolvimento de produtos, a partir da seguinte pergunta: “Você tem experiência na área de desenvolvimento de produtos? Se sim, quantos anos?”. Dos 21 participantes, 2 possuem experiência em desenvolvimento de produtos, sendo de 1 ano e 2 anos de experiência cada. Como apresentado na Figura 29.

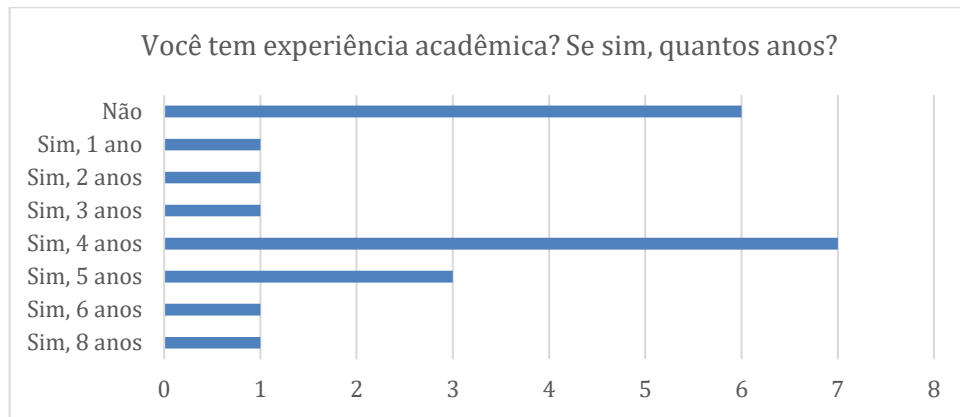
Figura 29- Perfil do respondente do ambiente acadêmico: Experiência em desenvolvimento de produtos



Fonte: Autoria própria

Também foi verificado a experiência acadêmica dos respondentes, sendo que dos 21 respondentes, 6 não possuem experiência com pesquisas acadêmicas, e maioria possui entre 4 e 5 anos de experiência. Conforme evidenciado na Figura 30.

Figura 30- Perfil do respondente do ambiente acadêmico: Experiência acadêmica



Fonte: Autoria própria

Com base no resultado da caracterização, verifica-se que os participantes possuem perfil acadêmico, com pouca ou nenhuma experiência em sistemas de proteção contra incêndio e no desenvolvimento de produtos. O que era de se esperar visto que o *workshop* aconteceu no curso de graduação. Para reduzir o impacto, da falta de experiência em desenvolvimento de produtos e em proteção contra incêndio, na utilização da ferramenta foi feita uma explicação geral da área de segurança contra incêndio, e das etapas de desenvolvimento de produtos, por meio de apresentação presencial e também foram disponibilizados vídeos explicativos pela plataforma *Google Classroom*.

6.2.2 Questões de aplicabilidade

Para avaliar a aplicabilidade, foram feitas 15 questões para os participantes, como apresentado no Quadro 34. As questões foram formatadas em escala *likert*, com valores de 1 a 5, em que 1= Discordo totalmente; 2= Discordo; 3= Não estou decidido, 4= Concordo e 5= Concordo totalmente. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação do questionário.

Tabela 1- Resultado referente as questões de aplicabilidade (ambiente acadêmico)

Questões sobre aplicabilidade	(continua)				
	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A orientação sobre a definição das interfaces e o questionário de apoio auxiliou na determinação das principais interfaces do sistema de combate incêndio?	0%	0%	4,8%	14,2%	81,0%
A compilação das principais soluções disponibilizadas no site (https://fireprotections.wixsite.com/website) ajudou na análise dos produtos similares?	0%	0%	9,5%	23,8%	66,7%

Tabela 1- Resultado referente as questões de aplicabilidade (ambiente acadêmico)

(continua)

Questões sobre aplicabilidade	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O questionário para análise do ciclo de vida contribuiu para a determinação e análise das fases do ciclo de vida da solução de combate a incêndio?	0%	0%	9,5%	33,3%	57,2%
O mapeamento das principais necessidades segundo os especialistas ajudou na definição das necessidades da solução de combate a incêndio?	0%	0%	0%	9,5%	90,5%
A pontuação das necessidades pelos especialistas, em grau de importância, auxiliou na qualificação dos pesos das necessidades?	0%	0%	0%	28,6%	71,4%
O esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio contribuiu para a definição das restrições do produto?	0%	0%	4,8%	28,6%	66,6%
Os exemplos de diretrizes de projeto de combate a incêndio colaboram para a definição das diretrizes?	0%	0%	4,8%	33,3%	61,9%
Calculadora on-line da matriz TRIZ adaptada auxiliou na utilização e entendimento dos parâmetros de engenharia e princípios inventivos da matriz TRIZ?	0%	0%	4,8%	14,2%	81,0%
A lista de funções apresentada contribuiu para a definição das funções do produto?	0%	0%	0%	23,8%	76,2%
Você considera importante a orientação em níveis de segurança contra incêndio para tomada de decisão da forma de proteção?	0%	0%	0%	4,8%	95,2%
O modelo apresentado orienta o desenvolvimento dos projetos informacional e conceitual para a concepção de soluções de combate a incêndio?	0%	0%	0%	9,5%	90,5%
As ferramentas propostas e o material disponibilizado contribuíram para a concepção da solução?	0%	0%	0%	9,5%	90,5%
A sugestão de avaliação de soluções proposta foi pertinente para verificar o atendimento dos requisitos do produto?	0%	0%	0%	28,6%	71,4%
O modelo destacou a importância de reportar todas as informações pertinente, lições aprendidas e considerações finais do processo?	0%	0%	0%	19,0%	81,0%
O modelo proposto se aplica às necessidades do desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em edificações?	0%	0%	4,8%	23,8%	71,4%

Fonte: Autoria própria

Como pode ser verificado na Tabela 1, nenhum participante julgou que discorda das contribuições do modelo em relação sua aplicabilidade. As questões que obtiveram maior número de avaliação “3- Não estou decidido” foram referentes a contribuição do site com as principais soluções, como no material de apoio foi impresso um quadro com as principais soluções, alguns respondentes não acessaram ao site, o que pode ter levado a um maior número de participantes indecisos. Outro aspecto foi o auxílio do questionário para análise do ciclo de

vida, por ter sido abordado um caso hipotético, as etapas do ciclo de vida não estavam bem definidas, o que pode ter levado a dificuldade na utilização do questionário proposto.

Por outro lado, os critérios com melhor avaliação pelos respondentes foram: estruturação em níveis de segurança contra incêndio para tomada de decisão da forma de proteção, classificando a Segurança Contra Incêndio em nível básico, intermediário ou avançado. Outras contribuições em que os respondentes mais avaliaram como “5- Concordo totalmente” foi do mapeamento das principais necessidades segundo os especialistas para auxílio da definição das necessidades da solução de combate a incêndio. E também as contribuições de forma geral no apoio do desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual, assim como as ferramentas propostas e o material disponibilizado para a concepção da solução.

6.2.3 Questões relacionadas à clareza gráfica e ao rigor da apresentação

Para analisar a clareza gráfica e o rigor da apresentação foram feitas 2 perguntas aos respondentes, também em escala *likert*, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2- Resultado referente à clareza gráfica e ao rigor da apresentação (ambiente acadêmico)

Questões relacionadas à clareza gráfica e ao rigor da apresentação	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A representação gráfica desse modelo (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma clara e amigável as fases e as atividades?	0%	0%	9,5%	28,6%	61,9%
A representação dessa sistemática (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma objetiva as fases e as atividades de forma a não haver redundância?	0%	0%	14,3%	28,6%	57,1%

Fonte: Autoria própria

Analisando o resultado das questões relacionadas a clareza gráfica e rigor da apresentação, verifica-se que houve um número maior de respondentes que avaliaram “3- Não estou decidido”, se comparado com os critérios de aplicabilidade. Isso pode ter ocorrido devido ao elevado número de fluxogramas e quadros, que são em função da abrangência do modelo, que visa de forma detalhada orientar o desenvolvimento de forma que fique o menos restrito possível as soluções geradas.

6.2.4 Questões relacionadas a completeza

A avaliação da completeza se deu por uma pergunta aos respondentes, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3- Resultado referente a completudeza (ambiente acadêmico)

Questão relacionada a completudeza	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo possui toda a informação necessária para apoiar o desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual para soluções de combate a incêndio?	0%	0%	0%	23,8%	76,2%

Fonte: Autoria própria

Como pode ser visto na Tabela 3, verifica-se que todos os respondentes concordaram ou concordaram totalmente com o critério de completudeza do modelo, indicando que as informações necessárias para apoiar o desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual para soluções de combate a incêndio estão sendo contempladas no modelo proposto.

6.2.5 Questões relacionadas a robustez e reusabilidade

Em função da robustez e reusabilidade, foram feitas duas perguntas no questionário, e o resultado é exposto por meio da Tabela 4.

Tabela 4- Resultado referente a robustez e reusabilidade (ambiente acadêmico)

Questões relacionadas a robustez e reusabilidade	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo proposto pode ser generalizado para diferentes classes de produtos de combate a incêndio?	0%	0%	14,3%	23,8%	61,9%
A estrutura do modelo pode ser adaptada para uso em outros tipos de produtos?	0%	0%	9,5%	23,8%	66,7%

Fonte: Autoria própria

Observando a Tabela 4, verifica-se que alguns respondentes não estiveram decididos frente à robustez e à reusabilidade do modelo, apesar das etapas de forma geral de desenvolvimento de produtos serem iguais, o modelo proposto apresenta informações direcionadas para o desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em estruturas, o que pode dificultar a utilização para outras áreas como incêndios florestais, que apresentam interfaces distintas, e produtos de outras áreas.

6.2.6 Questões relacionadas a eficiência econômica

Para avaliar a eficiência econômica, foi realizada uma pergunta aos participantes, e o resultado é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5- Resultado referente a eficiência econômica (ambiente acadêmico)

Questão relacionada a eficiência econômica	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A execução do modelo, mantendo a qualidade de execução adequada, é enxuta em termos de recursos e tempo, de modo a manter uma relação custo versus benefício viável?	0%	0%	14,3%	23,8%	61,9%

Fonte: Autoria própria

A partir da Tabela 5 verifica-se que cerca de 14,3% dos respondentes optaram pela opção “3- Não estou decidido”, e pode ser compreendida pelo fato do modelo possuir um elevado número de etapas, que necessita tempo para sua execução, no entanto estas etapas são necessárias para a adequada execução do projeto informacional e conceitual.

6.2.7 Questões finais

A seção final do questionário é composta por 2 perguntas sendo uma em escala *likert*, que avalia de forma geral se o modelo proposto auxilia o desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio, e uma pergunta aberta e não obrigatória que visa identificar como é possível melhorar o modelo de desenvolvimento de produtos. O resultado da primeira pergunta é a apresentado na Tabela 6.

Tabela 6- Resultado referente ao modelo de forma geral (ambiente acadêmico)

Questão relacionada ao modelo de forma geral	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo proposto auxilia o desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio?	0%	0%	0%	4,8%	95,2%

Fonte: Autoria própria

Como pode ser observado na Tabela 6, todos os respondentes concordaram ou concordaram totalmente que o modelo proposto auxilia no desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio. Com intuito de identificar as possibilidades de melhoria do modelo foram analisadas as respostas dos participantes. Em que, identificou-se como aspectos positivos a completeza e clareza do modelo, que segundo os respondentes possibilita de forma estruturada a ampliação das possibilidades de solução do problema, estimulando a inovação, o trabalho em

equipe, proporciona a organização das etapas adaptadas ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio e considera o conhecimento dos especialistas.

Como pontos de melhoria foi apontado a importância da construção de um modelo com foco na prevenção do incêndio, que ficará como sugestão de trabalhos futuros, pois a delimitação do escopo desta pesquisa foca em medidas de proteção ativa para combate a incêndio. Também foi apontado a necessidade de ajuste no quadro de exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio, explicando o que são parâmetros de Engenharia, e a modificação foi implementada no trabalho. Outro ponto levantado, foi a necessidade de avanços nas pesquisas relacionadas a Engenharia de Incêndio, que sem dúvida contribuirá como um todo para o desenvolvimento da área.

Além disso, foi sugerido a estruturação de etapas para otimizar o custo, promovendo o melhor custo benefício, que deve ser realizada na etapa de projeto detalhado, que não é contemplada desta tese. Também foi apontado como ponto de melhoria a introdução de ilustrações gráficas para facilitar a compreensão da etapa, e para atender a sugestão foram geradas ilustrações ao longo das etapas do modelo. E por fim, foi destacado a limitação de tempo para a aplicação da ferramenta, que ocorreu durante 15 dias, em 3 encontros presenciais e suporte remoto, os participantes pontuaram que o volume de atividade é elevado, sendo necessário mais tempo para estudo e desenvolvimento. A Figura 31 apresenta o ambiente de aplicação da sistemática.

Figura 31- Aplicação da sistemática em ambiente acadêmico



Fonte: Autoria própria



(c)

(d)

Fonte: Autoria própria

A Figura 31 (a) ilustra o primeiro dia do *workshop*, já (b) mostra o segundo dia de *workshop* e o terceiro dia de *workshop* é ilustrado em (c) e (d). Um outro formato de avaliação do modelo foi realizado com alunos de iniciação científica em que foi executado com maior tempo em cada etapa, e será descrito a seguir.

6.3 Avaliação da sistemática em programa de Iniciação Científica

A avaliação da sistemática dentro do programa de iniciação científica ocorreu por 3 estudantes do curso de Engenharia de Produção pelo projeto cadastrado sob o nº SEI 073.11155.2022.0015422-66. Os alunos estudaram de janeiro a agosto de 2022 sobre Segurança Contra Incêndio e Processo de Desenvolvimento de Produtos. Após o período de estudos preliminares, os estudantes foram desafiados a apresentar uma solução sem a utilização do modelo proposto e em seguida utilizaram o modelo, similarmente ao procedimento seguido pelos alunos de graduação, a diferença foi o tempo disponibilizado para a execução da sistemática, que ocorreu de agosto a dezembro de 2022, por meio de reuniões semanais. A estrutura da aplicação e avaliação do modelo é ilustrado pelo Quadro 37.

Quadro 37- Estrutura da aplicação e avaliação da sistemática em projeto de Iniciação Científica

Período	Conteúdos abordados
Janeiro-Agosto de 2022	Estudos preliminares: Segurança Contra Incêndio e Processo de Desenvolvimento de Produto
01/08/2022	Início do desafio (solucionar o problema sem o modelo de apoio)
15/08/2022	Apresentação das soluções obtidas sem a utilização do modelo

Agosto- Outubro de 2022	Fase 1- Projeto informacional de solução de combate a incêndio 1.1 Imersão no sistema-problema de combate a incêndio 1.2 Definição das fases do ciclo de vida de soluções de combate a incêndio 1.3 Mapeamento das necessidades dos clientes 1.4 Definição das restrições do projeto da solução de combate a incêndio 1.5 Definição dos requisitos do projeto da solução de combate a incêndio 1.6 Análise dos requisitos e necessidades 1.7 Descrição das especificações-meta da solução de combate a incêndio 1.8 Definição das diretrizes de projeto
Outubro-Dezembro de 2022	Fase 2- Projeto conceitual de solução de combate a incêndio 2.1 Definição da função global do sistema de combate a incêndio 2.2 Definição das sínteses funcionais dos sistemas de combate a incêndio 2.3 Proposta de soluções para cada função do sistema de combate a incêndio 2.4 Geração de conceitos de solução 2.5 Seleção do conceito de solução de combate a incêndio
22/12/2022	Apresentação dos resultados obtidos e preenchimento do formulário.

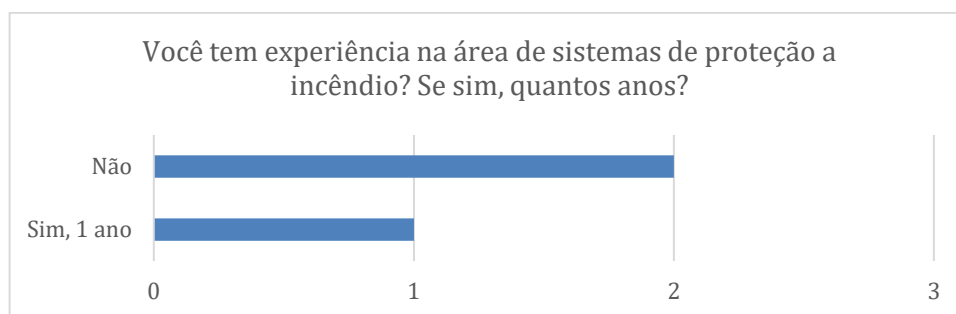
Fonte: Autoria própria

Na sequência serão mostrados os resultados obtidos por meio dos questionários em formato digital (*Google Forms*), que foram disponibilizados após a execução das etapas do método. Com o intuito de avaliar o modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio apresentado durante o período de agosto a dezembro. Conforme descrito na seção 6, o questionário possui 8 seções, sendo a primeira para identificação do respondente, que será apresentado na subseção 6.3.1.

6.3.1 Questões de caracterização do respondente

Para definir o perfil dos respondentes foi realizado o questionamento: “Você tem experiência na área de sistemas de proteção a incêndio? Se sim, quantos anos?”. Dos 3 participantes, apenas 1 tem experiência de 1 ano em sistemas de proteção a incêndio. Como apresentado na Figura 32.

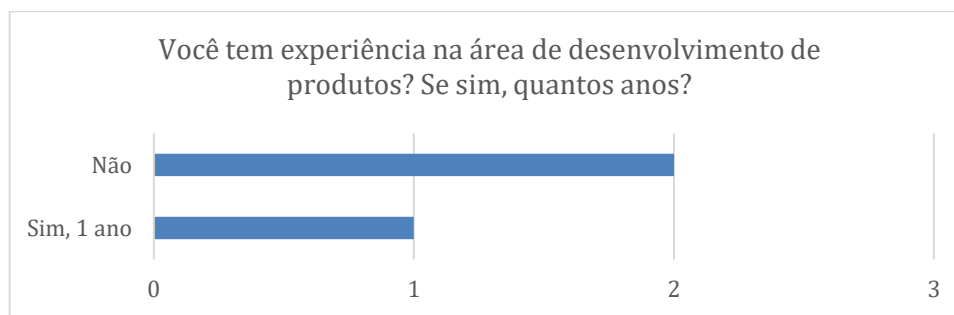
Figura 32- Perfil do respondente de Iniciação Científica: Experiência com sistemas de proteção a incêndio.



Fonte: Autoria própria

Em seguida, os participantes foram consultados sobre a experiência em desenvolvimento de produtos, a partir da seguinte pergunta: “Você tem experiência na área de desenvolvimento de produtos? Se sim, quantos anos?”. Dos 3 participantes, apenas 1 possui experiência em desenvolvimento de produtos. Como apresentado na Figura 33.

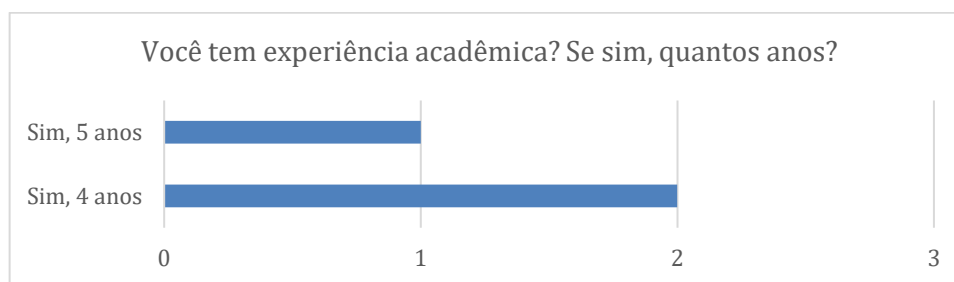
Figura 33- Perfil do respondente de Iniciação Científica: Experiência em desenvolvimento de produtos



Fonte: Autoria própria

Também foi verificado a experiência acadêmica dos respondentes, sendo que todos os 3 discente possuem experiência acadêmica, entre 4 e 5 anos. Conforme evidenciado na Figura 34.

Figura 34- Perfil do respondente de Iniciação Científica: Experiência acadêmica



Fonte: Autoria própria

Com base no resultado do questionário, verifica-se que os participantes possuem perfil acadêmico, com pouca ou nenhuma experiência em sistemas de proteção contra incêndio e no desenvolvimento de produtos. O que era previsto, pois são estudantes de graduação. Para reduzir o impacto, da falta de experiência em desenvolvimento de produtos e em proteção contra incêndio, na utilização da ferramenta foram conduzidos estudos preliminares durante 8 meses, de janeiro a agosto de 2022 a partir de encontros semanais e também foram disponibilizados vídeos explicativos pela plataforma *Google Classroom*.

6.3.2 Questões de aplicabilidade

Para avaliar a aplicabilidade, foram feitas 15 questões para os participantes, como apresentado no Quadro 34. As questões foram formatadas em escala *likert*, com valores de 1 a 5, em que 1= Discordo totalmente; 2= Discordo; 3= Não estou decidido, 4= Concordo e 5= Concordo totalmente. A Tabela 7 apresenta os resultados obtido a partir da aplicação do questionário.

Tabela 7- Resultado referente as questões de aplicabilidade (iniciação científica)

Questões sobre aplicabilidade	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A orientação sobre a definição das interfaces e o questionário de apoio auxiliou na determinação das principais interfaces do sistema de combate incêndio?	0%	0%	0%	0%	100,0%
A compilação das principais soluções disponibilizadas no site (https://fireprotections.wixsite.com/website) ajudou na análise dos produtos similares?	0%	0%	0%	0%	100,0%
O questionário para análise do ciclo de vida contribuiu para a determinação e análise das fases do ciclo de vida da solução de combate a incêndio?	0%	0%	0%	0%	100,0%
O mapeamento das principais necessidades segundo os especialistas ajudou na definição das necessidades da solução de combate a incêndio?	0%	0%	0%	0%	100,0%
A pontuação das necessidades pelos especialistas, em grau de importância, auxiliou na qualificação dos pesos das necessidades?	0%	0%	0%	0%	100,0%
O esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio contribuiu para a definição das restrições do produto?	0%	0%	0%	0%	100,0%
Os exemplos de diretrizes de projeto de combate a incêndio colaboram para a definição das diretrizes?	0%	0%	0%	0%	100,0%
Calculadora on-line da matriz TRIZ adaptada auxiliou na utilização e entendimento dos parâmetros de engenharia e princípios inventivos da matriz TRIZ?	0%	0%	0%	0%	100,0%
A lista de funções apresentada contribuiu para a definição das funções do produto?	0%	0%	0%	0%	100,0%
Você considera importante a orientação em níveis de segurança contra incêndio para tomada de decisão da forma de proteção?	0%	0%	0%	0%	100,0%
O modelo apresentado orienta o desenvolvimento dos projetos informacional e conceitual para a concepção de soluções de combate a incêndio?	0%	0%	0%	33,3%	66,7%
As ferramentas propostas e o material disponibilizado contribuíram para a concepção da solução?	0%	0%	0%	0%	100,0%
A sugestão de avaliação de soluções proposta foi pertinente para verificar o atendimento dos requisitos do produto?	0%	0%	0%	33,3%	66,7%
O modelo destacou a importância de reportar todas as informações pertinente, lições aprendidas e considerações finais do processo?	0%	0%	0%	0%	100,0%
O modelo proposto se aplica às necessidades do desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em edificações?	0%	0%	0%	33,3%	66,7%

Fonte: Autoria própria

Como pode ser visto na Tabela 8, verifica-se que todos os respondentes concordaram ou concordaram totalmente com as questões relacionadas à aplicabilidade do modelo.

6.3.3 Questões relacionadas a clareza gráfica e rigor da apresentação

Para analisar a clareza gráfica e rigor da apresentação foram feitas 2 perguntas aos respondentes, também em escala *likert*, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8- Resultado referente a clareza gráfica e rigor da apresentação (iniciação científica)

Questões relacionadas a clareza gráfica e rigor da apresentação	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A representação gráfica desse modelo (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma clara e amigável as fases e atividades?	0%	0%	0%	0%	100,0%
A representação dessa sistemática (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma objetiva as fases e atividades de forma a não haver redundância?	0%	0%	0%	0%	100,0%

Fonte: Autoria própria

Analisando o resultado das questões relacionadas a clareza gráfica e rigor da apresentação, verifica-se que todos os respondentes concordam totalmente que a representação gráfica desse modelo (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma clara e amigável as fases e atividades e a representação dessa sistemática (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma objetiva as fases e atividades de forma a não haver redundância.

6.3.4 Questões relacionadas a completeza

A avaliação da completeza ocorreu por uma pergunta aos respondentes, como pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9- Resultado referente a completeza (iniciação científica)

Questão relacionada a completeza	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo possui toda a informação necessária para apoiar o desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual para soluções de combate a incêndio?	0%	0%	0%	0%	100,0%

Fonte: Autoria própria

Como pode ser visto na Tabela 9, verifica-se que todos os respondentes concordaram totalmente com o critério de completeza do modelo, indicando que as informações necessárias para apoiar o desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual para soluções de combate a incêndio estão sendo contempladas no modelo proposto.

6.3.5 Questões relacionadas a robustez e reusabilidade

Em função da robustez e reusabilidade, foram feitas duas perguntas no questionário, e o resultado é exposto por meio da Tabela 10.

Tabela 10- Resultado referente a robustez e reusabilidade (iniciação científica)

Questões relacionadas a robustez e reusabilidade	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo proposto pode ser generalizado para diferentes classes de produtos de combate a incêndio?	0%	0%	0%	0%	100,0%
A estrutura do modelo pode ser adaptada para uso em outros tipos de produtos?	0%	0%	0%	0%	100,0%

Fonte: Autoria própria

Observando a Tabela 10, verifica-se que todos os respondentes concordam totalmente com a robustez e reusabilidade do modelo, podendo ser adaptado para o desenvolvimento de outras áreas se forem ajustadas suas informações.

6.3.6 Questões relacionadas a eficiência econômica

Para avaliar a eficiência econômica, foi realizada uma pergunta aos participantes, e o resultado é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11- Resultado referente a eficiência econômica (iniciação científica)

Questão relacionada a eficiência econômica	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A execução do modelo, mantendo a qualidade de execução adequada, é enxuta em termos de recursos e tempo, de modo a manter uma relação custo versus benefício viável?	0%	0%	0%	0%	100,0%

Fonte: Autoria própria

Em relação a eficiência econômica, todos os participantes concordam totalmente que a execução do modelo, mantendo a qualidade de execução adequada, é enxuta em termos de recursos e tempo, de modo a manter uma relação custo versus benefício viável

6.3.7 Questões finais

A seção final do questionário é composta por 2 perguntas sendo uma em escala *likert*, que avalia de forma geral se o modelo proposto auxilia o desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio, e uma pergunta aberta e não obrigatória que visa identificar como é possível melhorar o modelo de desenvolvimento de produtos. O resultado da primeira pergunta é a apresentado na Tabela 12.

Tabela 12- Resultado referente ao modelo de forma geral (iniciação científica)

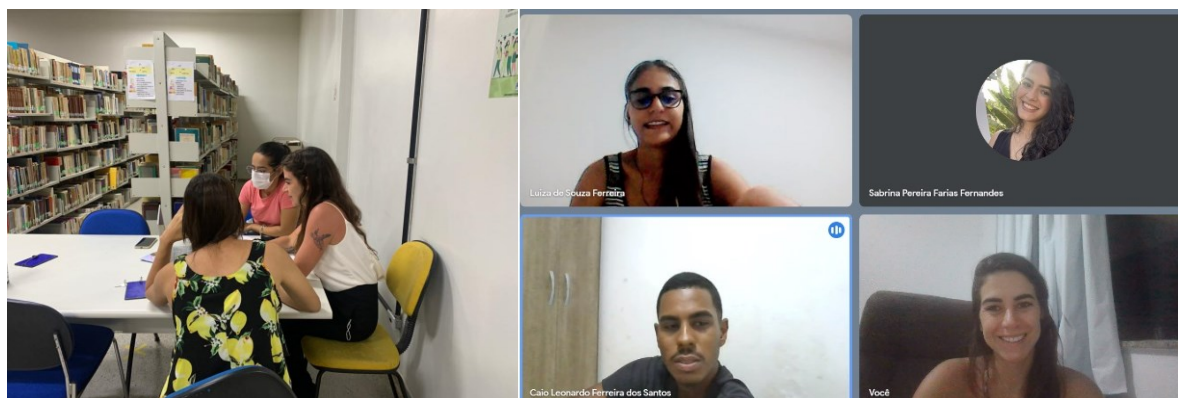
Questão relacionada ao modelo de forma geral	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo proposto auxilia o desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio?	0%	0%	0%	0%	100,0%

Fonte: Autoria própria

Como pode ser observado na Tabela 12, todos os respondentes concordaram totalmente que o modelo proposto auxilia no desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio. Na questão aberta os participantes indicaram que devido o tempo de preparação, treinamento e frequência nos encontros, pôde-se constatar que “O modelo de modo geral é muito intuitivo e facilita a execução, deixando sempre em evidência o próximo passo a ser realizado, de maneira que facilite a gestão de tempo e direcionamento de esforços.”

Em comparação com o *workshop* aplicado no curso de graduação com duração de 15 dias, verifica-se que o grupo de iniciação científica teve menor dificuldade com a utilização da ferramenta, pois o tempo de preparação e execução do modelo foi significativamente maior. Tendo 8 meses de estudos preliminares, e 4 meses para execução do modelo com encontros semanais. A Figura 35 ilustra um destes encontros.

Figura 35- Aplicação da sistemática com os alunos de iniciação científica



Fonte: Autoria própria

6.4 Avaliação da sistemática em ambiente profissional

A avaliação do modelo no ambiente profissional ocorreu por meio de um workshop com 8 colaboradores de uma empresa de tecnologia. Para a aplicação da sistemática foram dadas as mesmas instruções fornecidas aos discentes: “Prédios históricos preservam importantes acervos da história da humanidade de valor imensurável. Suas instalações antigas possuem alto potencial combustível. Baixa ou nenhuma proteção contra incêndios, pois sua estrutura não permite intervenções invasivas e o acervo não pode entrar em contato com água. Por isso, as soluções convencionais como sprinklers (chuveiros automáticos) não são alternativas adequadas para garantir a segurança destes locais. **DESAFIO:** Vocês estão sendo desafiados a desenvolver um novo produto para solucionar o problema de incêndio em prédios históricos em grupo (2 grupos, com 4 pessoas)”.

Após a formação dos grupos, os profissionais tiveram uma semana para elaborar uma solução a partir das ferramentas tradicionais, que foram apresentadas no primeiro encontro presencial. Eles relataram dificuldade em encontrar materiais para fundamentar o desenvolvimento da solução, tendo como proposta adaptações das soluções tradicionais, para aplicar em cada ambiente a depender do risco e importância do bem. As possibilidades de adaptações apresentadas foram limitadas, devido à dificuldade de acesso à informação da área.

Para o mesmo objetivo, de desenvolver um produto de combate a incêndio para prédios históricos, foi utilizada a sistemática proposta no Capítulo 5. Para tal, foi entregue um caderno com o passo a passo das etapas, e a partir de uma apresentação em *slide* foi conduzido a aplicação das fases de projeto informacional e conceitual. A duração do *workshop* foi de 2 encontros, com cerca de 6 horas em atividades presenciais, os profissionais também tiveram suporte a distância para tirar dúvidas e receber orientações, todo processo levou cerca de 15 dias. O Quadro 38 ilustra a estrutura da aplicação e avaliação da sistemática.

Quadro 38- Estrutura da aplicação e avaliação da sistemática em ambiente profissional

Workshop	Conteúdos abordados
Abertura 03/01/2023	Início do desafio (solucionar o problema sem o modelo de apoio)
Dia 1 -10/01/2023	Apresentação das soluções obtidas sem a utilização do modelo Fase 1- Projeto informacional de solução de combate a incêndio 1.1 Imersão no sistema-problema de combate a incêndio 1.2 Definição das fases do ciclo de vida de soluções de combate a incêndio 1.3 Mapeamento das necessidades dos clientes 1.4 Definição das restrições do projeto da solução de combate a incêndio 1.5 Definição dos requisitos do projeto da solução de combate a incêndio 1.6 Análise dos requisitos e necessidades 1.7 Descrição das especificações-meta da solução de combate a incêndio 1.8 Definição das diretrizes de projeto
Dia 2 -12/01/2023	Fase 2- Projeto conceitual de solução de combate a incêndio 2.1 Definição da função global do sistema de combate a incêndio

	2.2 Definição das sínteses funcionais dos sistemas de combate a incêndio 2.3 Proposta de soluções para cada função do sistema de combate a incêndio 2.4 Geração de conceitos de solução 2.5 Seleção do conceito de solução de combate a incêndio Apresentação dos resultados obtidos e preenchimento do formulário.
--	--

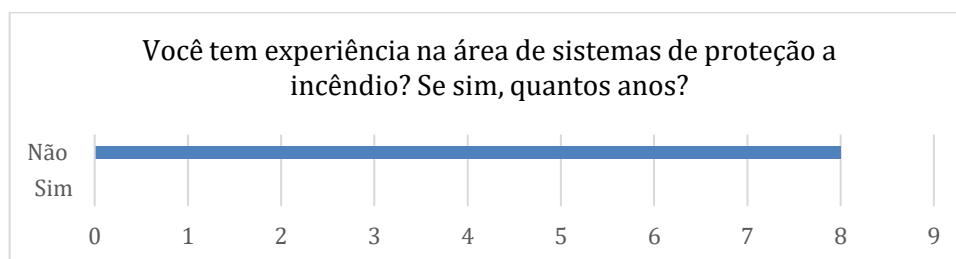
Fonte: Autoria própria

A seguir serão apresentados os resultados obtidos por meio dos questionários, que foram disponibilizados após a execução das etapas, em formato digital (*Google Forms*). Que tem como objetivo avaliar o modelo de apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio apresentado no *workshop*, conforme descrito na seção 6. O questionário possui 8 seções, sendo a primeira para identificação do respondente, que será apresentado na subseção 6.4.1.

6.4.1 Questões de caracterização do respondente do ambiente profissional

Para compreender o perfil dos profissionais foi feita a pergunta: “Você tem experiência na área de sistemas de proteção a incêndio? Se sim, quantos anos?”. Nenhum dos 8 participantes possuem experiência na área de sistemas de proteção a incêndio. Como apresentado na Figura 36.

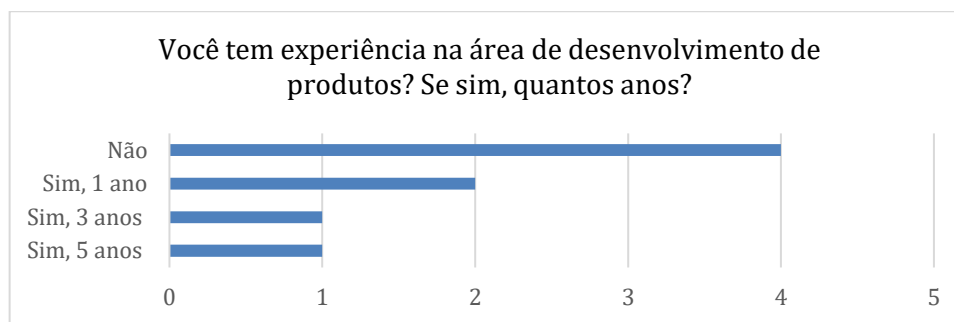
Figura 36- Perfil do respondente do ambiente profissional: Experiência com sistemas de proteção a incêndio.



Fonte: Autoria própria

Na sequência, os participantes foram consultados sobre a experiência em desenvolvimento de produtos, a partir da seguinte pergunta: “Você tem experiência na área de desenvolvimento de produtos? Se sim, quantos anos?”. Dos 8 participantes, 2 possuem experiência de 1 ano, 1 respondente possui experiência de 3 anos e 1 colaborador possui experiência de 5 anos e 4 não possuem experiência em desenvolvimento de produtos, conforme apresentado na Figura 37.

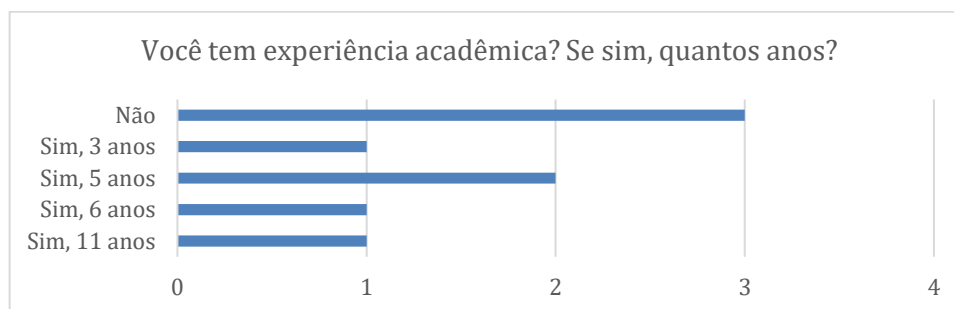
Figura 37- Perfil do respondente do ambiente profissional: Experiência em desenvolvimento de produtos



Fonte: Autoria própria

Também foi verificado a experiência acadêmica dos respondentes, sendo que dos 8 respondentes, 4 não possui experiência com pesquisas acadêmicas, e os outros 4 possuem experiência acadêmica entre 3 e 11 anos. Conforme evidenciado na Figura 38.

Figura 38- Perfil do respondente do ambiente profissional: Experiência acadêmica



Fonte: Autoria própria

Com base no resultado da caracterização, observa-se que este grupo tem considerável experiência acadêmica e profissional em desenvolvimento de produto e nenhuma experiência na área de sistemas de proteção a incêndio. Para reduzir o impacto, da falta de experiência em na área de sistemas de proteção a incêndio, antes da utilização da ferramenta foi feita uma explicação geral da área de segurança contra incêndio, por meio de apresentação presencial. As subseções a seguir revelam o resultado da avaliação da sistemática quanto a aplicabilidade do modelo; clareza gráfica e rigor da apresentação; completeza do modelo; robustez e reusabilidade da sistemática proposta; eficiência econômica do modelo e análise geral.

6.4.2 Questões de aplicabilidade

Para avaliar a aplicabilidade, foram feitas 15 questões para os participantes, como apresentado no Quadro 34. As questões foram formatadas em escala *likert*, com valores de 1 a 5, em que 1= Discordo totalmente; 2= Discordo; 3= Não estou decidido, 4= Concordo e 5=

Concordo totalmente. A Tabela 13 apresenta os resultados obtido a partir da aplicação do questionário.

Tabela 13- Resultado referente as questões de aplicabilidade (ambiente profissional)

Questões sobre aplicabilidade	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A orientação sobre a definição das interfaces e o questionário de apoio auxiliou na determinação das principais interfaces do sistema de combate incêndio?	0%	0%	0%	37,5%	62,5%
A compilação das principais soluções disponibilizadas no site (https://fireprotections.wixsite.com/website) ajudou na análise dos produtos similares?	0%	0%	12,5%	25,0%	62,5%
O questionário para análise do ciclo de vida contribuiu para a determinação e análise das fases do ciclo de vida da solução de combate a incêndio?	0%	0%	0%	50,0%	50,0%
O mapeamento das principais necessidades segundo os especialistas ajudou na definição das necessidades da solução de combate a incêndio?	0%	0%	0%	12,5%	87,5%
A pontuação das necessidades pelos especialistas, em grau de importância, auxiliou na qualificação dos pesos das necessidades?	0%	0%	0%	37,5%	62,5%
O esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio contribuiu para a definição das restrições do produto?	0%	0%	0%	25,0%	75,0%
Os exemplos de diretrizes de projeto de combate a incêndio colaboram para a definição das diretrizes?	0%	0%	0%	12,5%	87,5%
Calculadora on-line da matriz TRIZ adaptada auxiliou na utilização e entendimento dos parâmetros de engenharia e princípios inventivos da matriz TRIZ?	0%	0%	0%	50,0%	50,0%
A lista de funções apresentada contribuiu para a definição das funções do produto?	0%	0%	0%	12,5%	87,5%
Você considera importante a orientação em níveis de segurança contra incêndio para tomada de decisão da forma de proteção?	0%	0%	0%	0%	100,0%
O modelo apresentado orienta o desenvolvimento dos projetos informacional e conceitual para a concepção de soluções de combate a incêndio?	0%	0%	0%	0%	100,0%
As ferramentas propostas e o material disponibilizado contribuíram para a concepção da solução?	0%	0%	0%	12,5%	87,5%
A sugestão de avaliação de soluções proposta foi pertinente para verificar o atendimento dos requisitos do produto?	0%	0%	0%	0%	100,0%
O modelo destacou a importância de reportar todas as informações pertinente, lições aprendidas e considerações finais do processo?	0%	0%	0%	12,5%	87,5%
O modelo proposto se aplica às necessidades do desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em edificações?	0%	0%	0%	12,5%	87,5%

Fonte: Autoria própria

Como pode ser verificado na Tabela 13, nenhum participante julgou que discorda das contribuições do modelo em relação sua aplicabilidade. A questão que obteve avaliação de “3- Não estou decidido” foi referente a contribuição do site com as principais soluções, como no material de apoio foi impresso um quadro com as principais soluções, alguns respondentes não acessaram ao site, o que pode ter levado a esta avaliação.

Já os critérios que tiveram melhores avaliações (“5- Concordo totalmente”) pelos respondentes foram: estruturação em níveis de segurança contra incêndio para tomada de decisão da forma de proteção, classificando a Segurança Contra Incêndio em nível básico, intermediário ou avançado. As contribuições de forma geral no apoio do desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual. E sugestão de avaliação de soluções proposta foi pertinente para verificar o atendimento dos requisitos do produto.

6.4.3 Questões relacionadas a clareza gráfica e rigor da apresentação

Para analisar a clareza gráfica e rigor da apresentação foram feitas 2 perguntas aos respondentes, também em escala *likert*, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14- Resultado referente a clareza gráfica e rigor da apresentação (ambiente profissional)

Questões relacionadas a clareza gráfica e rigor da apresentação	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A representação gráfica desse modelo (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma clara e amigável as fases e atividades?	0%	0%	12,5%	25,0%	62,5%
A representação dessa sistemática (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma objetiva as fases e atividades de forma a não haver redundância?	0%	0%	0%	12,5%	87,5%

Fonte: Autoria própria

Analisando o resultado das questões relacionadas a clareza gráfica e rigor da apresentação, verifica-se que um dos respondentes avaliou como “3- Não estou decidido” a representação gráfica do modelo (fluxo de processo e matriz) apresenta de forma clara e amigável as fases e atividades. Isso pode ter ocorrido devido ao elevado número de fluxogramas e quadros, que são em funções da abrangência do modelo, que objetiva de maneira minuciosa orientar o desenvolvimento de forma que fique o menos restrito possível a solução concebida.

6.4.4 Questões relacionadas a completeza

A avaliação da completeza se deu por uma pergunta aos respondentes, como pode ser observado na Tabela 15.

Tabela 15- Resultado referente a completudeza (ambiente profissional)

Questão relacionada a completudeza	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo possui toda a informação necessária para apoiar o desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual para soluções de combate a incêndio?	0%	0%	0%	62,5%	37,5%

Fonte: Autoria própria

Como pode ser visto na Tabela 15, verifica-se que todos os respondentes concordaram ou concordaram totalmente com o critério de completudeza do modelo, indicando que as informações necessárias para apoiar o desenvolvimento das fases de projeto informacional e conceitual para soluções de combate a incêndio estão sendo contempladas no modelo proposto.

6.4.5 Questões relacionadas a robustez e reusabilidade

Em função da robustez e reusabilidade, foram feitas duas perguntas no questionário, e o resultado é exposto por meio da Tabela 16.

Tabela 16- Resultado referente a robustez e reusabilidade (ambiente profissional)

Questões relacionadas a robustez e reusabilidade	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo proposto pode ser generalizado para diferentes classes de produtos de combate a incêndio?	0%	0%	0%	0%	100%
A estrutura do modelo pode ser adaptada para uso em outros tipos de produtos?	0%	0%	12,5%	50,0%	37,5%

Fonte: Autoria própria

Observando a Tabela 16, verifica-se que um respondente avaliou como “3- Não estou decidido” a questão sobre a estrutura do modelo poder ser adaptada para uso em outros tipos de produtos, apesar das etapas de forma geral de desenvolvimento de produtos serem iguais, o modelo proposto apresenta informações direcionadas para o desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em estruturas, o que pode dificultar a utilização para o desenvolvimento de outros tipos de produtos.

6.4.6 Questões relacionadas a eficiência econômica

Para avaliar a eficiência econômica, foi realizada uma pergunta aos participantes, e o resultado é apresentado na Tabela 17.

Tabela 17- Resultado referente a eficiência econômica (ambiente profissional)

Questão relacionada a eficiência econômica	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
A execução do modelo, mantendo a qualidade de execução adequada, é enxuta em termos de recursos e tempo, de modo a manter uma relação custo versus benefício viável?	0%	0%	0%	50,0%	50,0%

Fonte: Autoria própria

A partir da Tabela 17 verifica-se que todos os respondentes concordaram ou concordaram totalmente com o critério de eficiência econômica do modelo proposto.

6.4.7 Questões finais

A seção final do questionário é composta por 2 perguntas sendo uma em escala *likert*, que avalia de forma geral se o modelo proposto auxilia o desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio, e uma pergunta aberta e não obrigatória que visa identificar como é possível melhorar o modelo de desenvolvimento de produtos. O resultado da primeira pergunta é a apresentado na Tabela 18.

Tabela 18- Resultado referente ao modelo de forma geral (ambiente profissional)

Questão relacionada ao modelo de forma geral	1- Discordo totalmente	2- Discordo	3- Não estou decidido	4- Concordo	5- Concordo totalmente
O modelo proposto auxilia o desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio?	0%	0%	0%	0%	100,0%

Fonte: Autoria própria

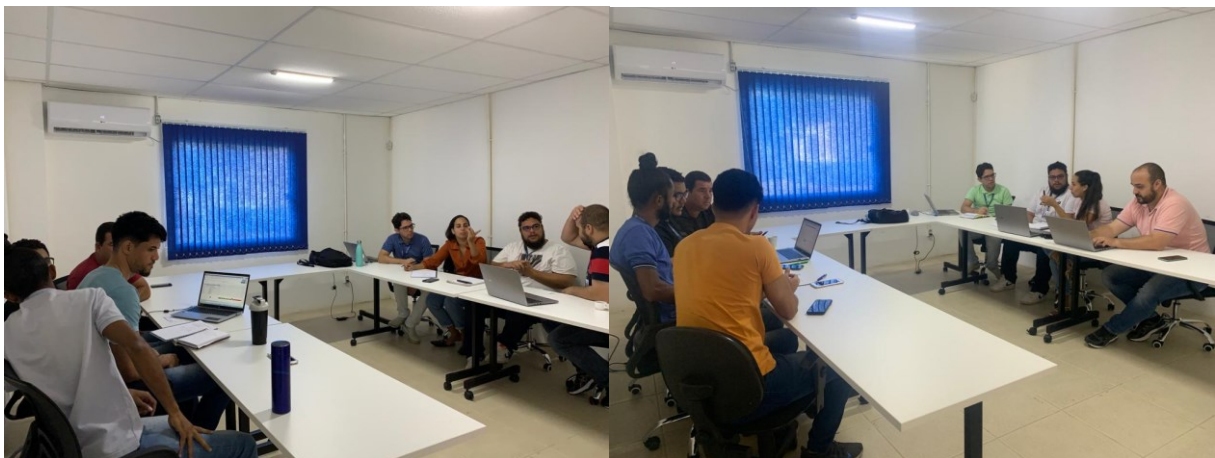
Como pode ser observado na Tabela 18, todos os respondentes concordaram totalmente que o modelo proposto auxilia no desenvolvimento de sistemas de combate a incêndio. Com intuito de identificar as possibilidades de melhoria do modelo foram analisadas as respostas dos participantes, descritas a seguir:

Foi sugerido um maior detalhamento das etapas do material escrito utilizado para a aplicação do modelo. “O modelo poderia ser melhorado, mais do que já é, caso fosse mais detalhado para que um usuário sem orientação pudesse utilizar e aplicar”. “Desenvolver um segundo modelo mais explicativo para ser aplicado sem a orientação de um especialista”. O detalhamento que foi sugerido é apresentado na presente tese, para a aplicação, as explicações foram suprimidas devido ao tempo limitados, pois foram 2 encontros de 3 horas cada. E como a autora estava presente durante a aplicação, todas as dúvidas foram dirimidas na mesma hora.

Outra sugestão foi “Acredito ser ótimo explorar o recurso de *hackathons*, *Design Thinking* e parcerias com empresas, seguindo por esse caminho, se criará um universo de possibilidades e soluções oriundas de várias visões, técnicas e experiências dos participantes”. Espera-se para aplicações futuras explorar estes recursos, e disponibilizar o modelo proposto neste trabalho para que as empresas possam explorar.

Devido ao perfil tecnológico da empresa, percebeu-se que as soluções geradas embarcaram tecnologias como IoT (internet das coisas) e AI (inteligência artificial). Que são tendências de desenvolvimento para este tipo de solução como pode ser verificado na literatura técnica e científica (LIMA, et al. 2021b). E por fim, foi destacado a limitação de tempo para a aplicação da ferramenta, que ocorreu durante 15 dias, em 2 encontros presenciais e suporte remoto, os participantes pontuaram que o volume de atividade é elevado, sendo necessário mais tempo para estudo e desenvolvimento. A Figura 39 apresenta o ambiente de aplicação da sistemática.

Figura 39- Aplicação da sistemática em ambiente profissional



(a)

(b)

Fonte: Autoria própria

6.5 Considerações finais das avaliações

Analisando os resultados de uma forma geral, pode-se destacar que o modelo foi considerado de grande importância para o apoio ao desenvolvimento de produtos de combate a incêndio no nível de proteção avançada. Esta contribuição é significativa para a área, pois o atual cenário do Brasil revela que a Segurança Contra Incêndio encontra-se no nível básico, diferentemente de outros países que operam em nível avançado, como Estados Unidos, Canadá, Portugal, Reino Unido, Nova Zelândia e China. Assim, espera-se que este modelo possa contribuir com o avanço do nível da SCI no país.

Avaliando a aplicação do modelo nos ambientes acadêmicos e profissionais, verificou-se que as soluções propostas pelos participantes, antes da utilização da sistemática proposta nesta tese, solucionavam parcialmente o problema apresentado. De modo geral, as soluções foram limitadas a melhorias de sistemas tradicionais, em que foram otimizados alguns requisitos em função da degradação de outros. Os participantes relataram dificuldade em encontrar material na literatura para o desenvolvimento da solução. No entanto, percebeu-se que com a utilização do modelo as soluções foram mais conformes, a construção da solução foi fundamentada nas interfaces do problema, um maior número de requisitos foi considerado e atendido com propostas de solução mais criativas.

Com a aplicação do questionário, verificou-se que nenhum dos grupos discordou do atendimento dos critérios de Aplicabilidade, Clareza Gráfica, Rigor da Representação, Completeza, Robustez, Reusabilidade e Eficiência Econômica. Dentro do critério de aplicabilidade, verificou-se que as melhores avaliações foram relacionadas a estruturação em níveis de proteção contra incêndio e a contribuição com o mapeamento das necessidades de acordo os especialistas. E o aspecto que apresentou maior avaliação de neutralidade da contribuição foi o site com as principais soluções de combate a incêndio, como no material de apoio foi impresso um quadro com as principais soluções, alguns respondentes não acessaram ao site, o que pode ter levado a um maior número de participantes indecisos frente a sua contribuição.

Observando a aplicação no grupo de iniciação científica, pode-se destacar, que foi o que apresentou menor dificuldade com a utilização da ferramenta, pois o tempo de preparação e execução do modelo foi significativamente maior. Tendo 8 meses de estudos preliminares, e 4 meses para execução do modelo com encontros semanais. Diferentemente dos outros grupos

que tiveram um tempo total de 15 dias. Neste sentido, pode-se destacar que o tempo para a aplicação do modelo de desenvolvimento de produto é um fator importante.

Já o grupo de alunos de graduação teve dificuldade em função do tempo de aplicação da sistemática, e para buscar mitigar o impacto foram produzidos vídeos de apoio. Este grupo teve maior quantidade de participantes, que contribuiu significativamente para o enriquecimento das soluções, pois foram considerados diferentes perspectivas sobre o problema. Assim, é possível salientar que uma equipe multidisciplinar contribui significativamente para o desenvolvimento de uma solução mais conforme.

Já durante a aplicação da sistemática com os colaboradores da empresa de tecnologia, percebeu-se maior facilidade da utilização das ferramentas, e as soluções apresentadas embarcaram tecnologias como IoT (internet das coisas) e AI (inteligência artificial). Que são tendências de desenvolvimento para este tipo de solução. Uma constatação que pode ser feita é que a experiência e maturidade da equipe é um fator importante para o desenvolvimento da solução.

Em suma, os principais aspectos positivos de pontos de melhoria que podem ser evidenciados a partir da opinião dos participantes durante a avaliação do modelo são apresentados Quadro 39.

Quadro 39- Aspectos positivos e pontos de melhoria da sistemática proposta segundo os participantes

Aspectos positivos	Pontos de melhoria
Clareza e síntese do conteúdo	Estruturar um segundo modelo com foco na prevenção do incêndio
Considera o conhecimento dos especialistas para apoiar o desenvolvimento das soluções	Adicionar uma linha no quadro de exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio, explicando o que são parâmetros de Engenharia
O modelo estrutura as etapas do desenvolvimento de produtos e facilita significativamente o processo	Avançar nas pesquisas relacionadas a Engenharia de Incêndio
Amplia as possibilidades de geração de soluções	Estruturar etapas para otimizar os custos
Estimula o desenvolvimento de soluções com maior inovação	Apresentar mais ilustrações para facilitar a compreensão das etapas
Promove trabalho em equipe	Aumentar o tempo para a aplicação da ferramenta
Modelo completo e explicativo	Detalhar mais as etapas, para ser aplicada sem necessidade de orientação
As ferramentas adaptadas facilitam o desenvolvimento de melhores soluções para o problema	Utilizar recursos de <i>hackathon</i> para aplicação do modelo
O modelo proporciona uma melhor organização da problemática para desenvolver o produto adequado	

Fonte: Autoria própria

Os pontos de melhoria destacados pelos participantes de: Adicionar uma linha no quadro de exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio, explicando o que

são parâmetros de Engenharia; Detalhar mais as etapas, para ser aplicada sem necessidade de orientação e Apresentar mais ilustrações para facilitar a compreensão da etapa foram incorporados no modelo nesta tese. No entanto os pontos: Estruturar um segundo modelo com foco na prevenção do incêndio; Avançar nas pesquisas relacionadas a Engenharia de Incêndio; e Estruturar etapas para otimizar os custos, são aspectos importantes para a melhoria da área de segurança contra incêndio, no entanto ultrapassa o escopo da presente pesquisa, ficando recomendado para trabalhos futuros. Outros pontos de melhorias levantados como: Aumentar o tempo para a aplicação da ferramenta; e Utilizar recursos de *hackathon* para aplicação do modelo são adaptáveis à forma de aplicação da sistemática.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme a estrutura proposta nesta tese, foi apresentado no primeiro capítulo a introdução do trabalho, em que foi realizada a contextualização, justificativa, identificação das lacunas, delimitação do escopo e descrição do problema de pesquisa, que consiste em: “De que maneira pode-se apoiar a elaboração das fases de projeto informacional e conceitual para a concepção de soluções de combate a incêndio em estruturas?”. Em seguida foram declarados os objetivos, destacadas as contribuições esperadas e descrito a estrutura da tese. Para facilitar o entendimento do trabalho, foi apresentado na seção de revisão teórica, a discussão dos temas norteadores da pesquisa, que consiste no Processo de Desenvolvimento de Produtos, e a Segurança Contra Incêndio, que são as bases teóricas para o entendimento do presente estudo. Em seguida foi proposto o procedimento metodológico da pesquisa.

Assim, a partir da execução do procedimento metodológico proposto, foram analisados dois estudos de caso envolvendo o processo de desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em edificações. Em que foram verificados aspectos positivos como: Oportunidades de desenvolvimento de soluções para o combate a incêndio; Interesse dos órgãos de fomento à pesquisa e inovação em apoiar o desenvolvimento deste tipo de produto; Contribuições técnicas com depósito de patentes; Levantamento das necessidades dos clientes; Compreensão com maior profundidade sobre os problemas da área; Aspectos normativos e tecnológicos. Também identificaram-se lacunas como: Pouco material disponível sobre proteção e combate a incêndio; Inexistência de um modelo de referência que oriente o desenvolvimento das etapas de projeto informacional e conceitual; As normas são, em sua maioria, desatualizadas, e possuem caráter prescritivo, não considerando as peculiaridades das edificações e os demais atores envolvidos no processo; O conhecimento dos especialistas não está disponibilizado, de modo a favorecer a difusão do conhecimento e melhoria no desenvolvimento de soluções.

Com o intuito de contribuir para reduzir as lacunas destacadas é proposto um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas. Assim, inicialmente são apresentados “os caminhos” dos diferentes níveis de segurança contra incêndio. E dentro do nível avançado, para contribuir com o desenvolvimento de novas soluções, é apresentado um modelo adaptado contemplando as fases de projeto informacional e conceitual. Para tal, foram construídos quadros orientativos para a condução do desenvolvimento de produtos de combate a incêndio em edificações. E também foram levantadas as principais soluções de combate a incêndio existentes. Por meio da descrição e análise das vantagens e desvantagens dos principais sistemas de combate a incêndio, foi

evidenciado que cada um possui suas peculiaridades, e sua escolha depende de uma avaliação de maneira holística das principais interfaces, como aspectos do local que se deseja proteger, custo-benefício da tecnologia, não havendo, portanto, uma única ou melhor solução que se aplique em todos os ambientes.

Além disso, foram realizadas consultas com interessados da área, como especialistas, empresas, usuários, integrantes do corpo de bombeiros e profissionais da área, com intuito de mapear as principais necessidades dos produtos de combate a incêndio para as diferentes estruturas de acordo com a norma ABNT 1433-2. O levantamento das informações foi feito por meio de entrevistas semi-estruturas e questionários para pontuação das necessidades em escala *likert*. Em que foi evidenciando que os aspectos relacionados à funcionalidade, como detecção, acionamento e extinção eficientes, são os mais importantes para este tipo de solução.

Outra contribuição importante é a adaptação e facilitação do uso de ferramentas do desenvolvimento de produtos, como a Matriz TRIZ. Neste sentido foram dados exemplos práticos e de diretrizes de projeto de combate a incêndio baseados nos parâmetros de engenharia propostos pela TRIZ, com intuito de ilustrar e de forma alguma limitar a criatividade dos projetistas. Para facilitar o uso da matriz TRIZ foi construído uma ferramenta *on-line* de cálculo automático dos princípios de engenharia para as diferentes contradições inventivas. Na sequência, são apresentados as etapas do projeto conceitual, em que são fornecidas orientações para a consolidação da solução, geração e seleção do conceito.

Em suma, as principais contribuições desta tese são: a) Proposta de estruturação em níveis de Segurança Contra Incêndio; b) Adaptações das etapas do PDP a partir de informações da literatura, normas e conhecimento dos especialistas; c) Compilação das informações dos especialistas para adaptação das etapas; d) Proposta de modelo estruturado a partir das informações da área; e) Estruturação do modelo e adaptações na Matriz TRIZ para aplicação no desenvolvimento da solução de combate a incêndio; f) Mapeamento das principais tecnologias e disponibilização em site; g) Guia orientativo para a análise do ciclo de vida do produto; h) Apresentação das principais necessidades em função da fase do ciclo de vida, segundo os especialistas; i) Classificação em escala *likert* das necessidades para cada tipo de estrutura; j) Esquema orientativo para levantamento das restrições do projeto de incêndio; k) Construção de uma lista de função segundo os parâmetros inventivos da TRIZ, normas e estudos de caso.

O modelo descrito foi avaliado com o intuito de verificar se o objetivo da tese de “Propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas” foi atendido. Assim, o modelo foi testado em diferentes ambientes e

em formatos distintos. Inicialmente foram feitas duas apresentações para especialistas, uma no curso de Especialização em Engenharia de Segurança Contra Incêndio e outra para a Sociedade dos Engenheiros de Proteção Contra Incêndio. O principal objetivo das apresentações para os especialistas foi obter *feedbacks* sobre o modelo. Foi unânime para os participantes a importância da estruturação em níveis da Segurança Contra Incêndio, e foi salientado que o Brasil ainda possui dificuldades na implantação adequada do nível básico. Também foi destacada a importância do guia para o apoio ao desenvolvimento dos produtos como forma de contribuir com o desenvolvimento de novas soluções. E como crítica construtiva, destacaram a necessidade de indicar o nível de conhecimento da equipe para a execução das etapas. Sob a perspectiva empresarial foram destacados pontos referentes a viabilidade, como o tempo para o desenvolvimento da solução e adequada homologação, certificação para ser introduzido no mercado. As críticas foram consideradas e o modelo foi ajustado para atender os pontos levantados.

Em seguida, o modelo proposto foi executado por três grupos: alunos de iniciação científica, graduandos da Engenharia Química e profissionais de uma empresa de tecnologia. Para analisar as três rodadas de avaliação do modelo, os participantes foram consultados a partir de um questionário, composto por 8 seções, sendo a primeira para identificação do respondente e mais 7 seções que objetiva avaliar os seguintes critérios: Aplicabilidade, Clareza Gráfica, Rigor da Representação, Completeza, Robustez, Reusabilidade e Eficiência Econômica. De forma geral, nenhum critério foi julgado pelos respondentes como não atendido. Em comparação com os ambientes que executaram o modelo, o grupo de iniciação científica que teve maior facilidade para execução das etapas, pois diferentemente dos outros grupos tiveram maior tempo para realização de estudos preliminares e utilização do modelo. Os alunos da graduação, que foi o grupo mais numeroso, evidenciaram a importância de uma equipe multidisciplinar na construção da solução. E os colaboradores da empresa de tecnologia, destacaram a relevância de uma equipe experiente na construção das soluções. Evidenciando assim que o tempo de aplicação, experiência e competência da equipe influenciam significativamente no resultado.

Em suma, com base na avaliação dos especialistas e participantes, pode-se destacar que o modelo apresenta algumas vantagens e desvantagens, que são sintetizadas no Quadro 40.

Quadro 40- Vantagens e desvantagens do modelo proposto segundo os especialistas e participantes

VANTAGEM	DESVANTAGEM
Clareza, síntese do conteúdo, modelo completo e intuitivo	O tempo de aplicação, experiência e competência da equipe influenciam significativamente no resultado
Considera o conhecimento dos especialistas para apoiar o desenvolvimento das soluções	Necessita de um considerável tempo para introdução da solução no mercado, devido à natureza do produto
Estrutura as etapas do desenvolvimento de produtos e facilita significativamente o processo	País encontra-se com dificuldade de implantação do nível básico e o modelo é voltado para o nível avançado
Amplia as possibilidades de geração de soluções	Dificuldade de aplicar em larga escala, pois há pouco conhecimento sobre a segurança de incêndio no país, sendo uma área negligenciada
Estimula o desenvolvimento de soluções com maior inovação	O modelo não contempla a estimativa do custo do desenvolvimento
Promove trabalho em equipe	A sistemática se limita ao projeto informacional e conceitual
Oportunidade de novas soluções, pois há pouca inovação na área	
As ferramentas adaptadas facilitam o desenvolvimento de melhores soluções para o problema	
O modelo proporciona uma melhor organização da problemática para desenvolver o produto adequado	

Fonte: Autoria própria

Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se estruturar etapas para estimar e otimizar os custos da solução gerada, e ampliar o escopo da sistemática contemplando as etapas para o projeto detalhado. Por fim, considerando o escopo da pesquisa, pode-se afirmar que o objetivo deste trabalho que era propor um modelo de apoio para projeto informacional e conceitual de soluções de combate a incêndio em estruturas, foi atendido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, M. Highway vehicle fire data based on the experiences of US fire departments. **Fire and materials**, v. 37, n. 5, p. 401-412, 2013.
- ALVES, Rinaldo Marcelo. Análise de riscos de incêndios em edificações em sítios históricos. 2003.
- ANDRADE, Isabela Fernandes; SOUZA, João Carlos. 177–Fatores de Acessibilidade e Segurança Contra Incêndio: o Caso dos Sítios Históricos. 2008.
- ARTÉS, T.; OOM, D.; RIGO, D.; DURRANT, T. H.; MAIANTI, P.; LIBERTÀ, G.; SANMIGUEL-AYANZ, J. A global wildfire dataset for the analysis of fire regimes and fire behaviour. *Scientific Data- Nature*, 6(1), 1-11. 2019.
- ASIMOV, M. **Introduction to Design**. New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1962.
- ASSAD, D. A. B. **Projeto conceitual de órtese estabilizadora para o ombro**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Exigências de resistência ao fogo dos elementos construtivos das edificações**. NBR 14323. Rio de Janeiro: 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12693: **Sistemas de proteção por extintores de incêndio**. Rio de Janeiro, 2010.
- ASYRAF, M.R.M., RAFIDAH, M., ISHAK, M., SAPUAN, S.M., YIDRIS, N., ILYAS, R.A., RAZMAN, M.R. New concept for indoor fire fighting robot. **Polymer Composites** 41, 2537–2979. 2020.
- BACK, N., OGLIARI, A., DIAS, A., SILVA, J. D. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Editora Manole; Edição: 1, 2008.
- BAHIA, Decreto nº 16.302 de 27 de agosto de 2015. Regulamenta a Lei nº 12.929, de 27 de dezembro de 2013, que dispõe sobre a Segurança contra Incêndio e Pânico e dá outras providências. **Diário Oficial**. Palácio Do Governo do Estado da Bahia, em 27 de agosto de 2015.
- BARBALHO, S. C. M. **Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos: proposta e aplicações**. Universidade de São Paulo USP, São Carlos, p. 275, 2006.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos / Mike Baxter; tradução ItiroIida**. – 2.ed.rev. – São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- BENETTI, Vanderlei Giovani. **Smart PDP: processo de desenvolvimento de produtos da indústria de autopeças no contexto da indústria 4.0**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2021.
- BENSON, G. **The Professional Protection Officer**. Chapter 14 Fire Prevention, Detection, and Response. Elsevier, 2020.

- BIESEK, F. L. **Modelo para integração das áreas de conhecimento de projeto e manufatura por intermédio do MRL (manufacturing readiness level) e do DFMA (design for manufacturing and assembly) na fase de desenvolvimento de tecnologia de produto.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas da Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.
- BLACK, Laura J.; REPENNING, Nelson P. Why firefighting is never enough: preserving high-quality product development. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, v. 17, n. 1, p. 33-62, 2001.
- BRENTANO, T. **A proteção contra incêndios no projeto de edificações.** Porto Alegre. Edições, 2007. 616 p.
- BROWN, Tim et al. **Design thinking.** Harvard business review, v. 86, n. 6, p. 84, 2008.
- BRUSHLINSKY, N. N., AHRENS, M., SOKOLOV, S. V., WAGNER, P. World fire statistics. **Center of fire statistics 2017.** Report, 24. International Association of Fire and Rescue Services, 2019.
- BURDIN, A. M. **Mobile fire extinguishing apparatus with pressurized foam generation.** U.S. Patent n. 16,627,509, 2020.
- CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos.** Editora Blucher, 2007.
- CICERELLI, M. A. Certificação de produtos de segurança contra incêndio: análise do cenário nacional e proposta de atuação dos corpos de bombeiros militares. São Paulo. Instituto Sprinkler Brasil, 2018. 125 p.
- CNPq reconhece segurança contra incêndio como área de conhecimento,** Instituto Sprinkler Brasil, 2017. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/imprensa/cnpq-reconhece-seguranca-contra-incendio-como-area-de-conhecimento/>, Acesso em: 01 de Março de 2022.
- COELHO, A.L. **Proposta de uma nova metodologia de abordagem à segurança ao incêndio em Portugal.** Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Programa de Investigação de Edifícios, 2006, 388 p.
- COLLINS, K. M.; PRICE, O. F.; PENMAN, T. D. Suppression resource decisions are the dominant influence on containment of Australian forest and grass fires. **Journal of environmental management**, v. 228, p. 373-382, 2018.
- COOPER, R.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **New Problems, New Solutions: Making Portfolio Management more Effective.** Research Technology Management, v. 43, n. 2, 1999.
- CORYELL, A. E. **Design process-12 steps that turn ideas into hardware.** Machine Design, v. 39, n. 26, p. 154-&, 1967.
- CRAWFORD, C. M.; DI BENEDETTO, C. A. **New Products Management.** 8th ed. Home-wood: McGraw-Hill/Irwin; 2006.
- CRAWFORD, L. **Project performance assessment.** Masters in Project Management Course, 10th-15th June, Paris, France. UTS/ESC-Lille, 2002.

- DIETER, G. E., SCHMIDT, L. C. **Engineering design**. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2009.
- DISTRITO FEDERAL. **Norma Técnica Nº 02/2016**. Risco de Incêndio e Carga de Incêndio. Distrito Federal, 2016.
- ETCHELLS, H., O'DONNELL, A. J., MCCAWE, W. L., GRIERSON, P. F. Fire severity impacts on tree mortality and post-fire recruitment in tall eucalypt forests of southwest Australia. **Forest Ecology and Management**, 459, 117850. 2020.
- FERREIRA, C. V. **Metodologia para as Fases de Projeto Informacional e Conceitual de Componentes de Plástico Injetado Integrando os Processos de Projeto e Estimativa de Custos**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)-Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 329 f, 2002.
- FERREIRA, M. **Treinamento a avançado segurança contra incêndio**. Society of Fire Protection Engineers – SFPE. 2021.
- FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 199 f. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica – UFSC, Florianópolis, 2000.
- FREITAS, W. K., GOIS, G., PEREIRA JR, E. R., JUNIOR, J. O., MAGALHÃES, L. M. S., BRASIL, F. C., SOBRAL, B. S. Influence of fire foci on forest cover in the Atlantic Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Ecological Indicators**, 115, 106340, 2020.
- FRENCH, M. J. **Conceptual design for engineers**. 2nd ed. Berlin: Springer, 1985.
- GARINA E. P., GARIN A. P., KUZNETSOV V. P., POPKOVA E. G., POTASHNIK Y.S. Comparação de abordagens para o desenvolvimento da produção industrial no contexto do desenvolvimento de um produto complexo. Em: Popkova E. (eds) **The Impact of Information on Modern Humans**. 2018.
- GHAMANDE, M. V., MAJJI, J., POTNIS, A., VERMA, S., DEGLOORKAR, C. SONIC FIRE EXTINGUISHER. Fuel (combustible material), 7(02). **International Journal of Scientific Research AND REVIEW**. VOL. 07, 2019.
- HANSEN, Moisés Reinaldo. Equipamento de prevenção e proteção contra incêndio. 2012.
- HUBKA, V. **Principles of engineering design**. London: Butterworth Scientific, 1982.
- IBARRA, J. A. P. **Implementación de un Sistema de Comunicación Inalámbrico entre un UAV/RPA consuestación Terrena para la Transmisión de Imágenes Térmicas entiempo real y su utilización en el Control de Incendios**. Dissertação de Mestrado. PUCE- Pontificia Universidade Católica do Equador, 2016.
- INMETRO. **Avaliação da conformidade**. Rio de Janeiro, 2015a, 6. ed. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/acpq.pdf>>. 2015.

- INNOCENTE, M. S.; GRASSO, P. Self-organising swarms of firefighting drones: Harnessing the power of collective intelligence in decentralised multi-robot systems. **Journal of Computational Science**, 34, 80-101., 2019.
- INTHAMOUSSU, E.M.R. **Sistemática para a integração do planejamento do produto com o planejamento do projeto**: Enfoque no desenvolvimento de tecnologias para eletrodomésticos. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- LI, Y. Z. Study of fire and explosion hazards of alternative fuel vehicles in tunnels. **FireSafetyJournal**, v. 110, p. 102871, 2019.
- LIMA, G. P. A., ARAUJO, D. V. G., BARBOSA, J. D. V., BEAL, V. E., GERBER, J. Z. “Overview of engineering fire protection solutions in structures”, **International Journal of Development Research**, 11, (02), 44189-44194, 2021b.
- LIMA, G. P. A., BARBOSA, J. D. V., BEAL, V. E., GONÇALVES, M. A. M. S., MACHADO, B. A. S., GERBER, J. Z., LAZARUS, B. S. Exploratory analysis of fire statistical data and prospective study applied to security and protection systems. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 102308. 2021a.
- MENDES, G. H. D. S. **O processo de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica: caracterização da gestão e proposta de modelo de referência**. Tese de Doutorado Universidade Federal de São Carlos. 2008.
- MOROSKI, J. C. S.; VASATA, A. C. D. P. MENDES, M. A. F. **Estudo comparativo dos métodos de cálculo da taxa de calor liberada e carga de incêndio dos materiais**. Centro Universitário de Pato Branco – UNIDEP, 2020.
- MURBACK, F. G. R. **Análise de riscos e efeitos no projeto informacional e conceitual: uma abordagem ontológica**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Itajubá. 2018.
- NAKAMURA, R. **Alinhamento do modelo de referência do processo de desenvolvimento de produtos entre cliente (montadora) e fornecedor de primeiro nível no segmento automotivo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.
- NASCIMENTO, F. P. Classificação da Pesquisa. Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. Brasília: **Thesaurus**, 2016.
- NEGRISOLO, W. **Arquitetando a segurança contra incêndio**. 2011. 415 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- NFPA. **NFPA 921**: guide for fire and explosion investigations. National Fire Protection Association, 2016.
- NIGRO, K; MOLINARI, N. Status and trends of fire activity in southern California yellow pine and mixed conifer forests. **Forest Ecology and Management**, v. 441, p. 20-31, 2019.
- NOGUEIRA, F. **Comportamento do Fogo**. 2º Seminário ao vivo e on-line – Universidade de Segurança Contra Incêndio., 2018.

- NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. **Criação de conhecimento na empresa**. Elsevier Brasil, 2004.
- OKUMURA, M. L. M. **Modelo Conceitual de Projeto Orientado para Tecnologia Assistiva – MPOTA**. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) Programa de pós-graduação em engenharia de produção e sistemas – PPGEPS. Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Curitiba, PR, 2017
- OLAWOYIN, R. Nanotechnology: The future offiresafety. **Safety science**, v. 110, p. 214-221, 2018.
- ONO, R. **Proteção do Patrimônio histórico-cultural contra incêndio em edificações de interesse de preservação**. Palestra apresentada na Fundação Casa de Rui Barbosa. Rio de Janeiro, 2004.
- PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: a systematic approach**. Berlin: Springer-Verlag. 2nd Ed. 1988.
- PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: a Systematic Approach**. Ed. Springer Verlag, 1996.
- PANCHPOR, J. U., VAIDYA, S. M., PATKAR, K. S. Study of Acoustic Waves for Extinguishing Fires: A Review. **International Journal of Current Engineering and Technology**, Vol.9, No.1. 2019.
- PAULA, I. C. **Proposta de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos farmacêuticos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2004.
- PAULUZE, T. Sistema de informações registra menos de 1% dos casos de incêndios no país. **Folha de São Paulo**. 2019.
- PUGH, S. **Total design: integrated methods for successful product engineering**. W: AWPC, England, 1990.
- QUINTIERE, James G. **Principles of fire behavior**. CRC Press, 2016
- RABELO, E. **Proposta de um modelo de descoberta de conhecimento para o projeto informacional do processo de desenvolvimento do produto**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017.
- RAHARDJO, H. A.; PRIHANTON, M. The most critical issues and challenges of fire safety for building sustainability in Jakarta. **Journal of Building Engineering**, p. 101133, 2020.
- RIO DE JANEIRO. **Decreto N° 42 DE 17/12/2018**. Regulamenta o Decreto-lei nº 247, de 21 de julho de 1975, dispondo sobre o Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico - COSCIP, no âmbito do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.
- RODRIGUES, E. E. C. **Sistema de gestão da segurança contra incêndio e pânico nas edificações: fundamentação para uma regulamentação nacional**. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra (Portugal). 2016.

- ROLDAN-NICOLAU, E., TERRAZAS, T., MONTESINOS, M. N., PI, T., TINOCO-OJANGUREN, C. Effect of buffelgrass fires on two Sonoran Desert trees: Bark and structural analyses. **Journal of Arid Environments**, 178, 104166, 2020.
- ROOZEMBURG, N.; CROSS, N. **Models of the design process: integrating across the disciplines**. In: International Conference on Engineering Design, ICED'91. ICED'91 procedures, pp. 186-193. Zurich, 1991.
- ROOZENBURG, N. F. M; EEKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**. 1995.
- ROZENFELD, H.; EVERSHEIM, W. An architecture for shared management of explicit knowledge applied to product development processes. **CIRP Annals**, v. 51, n. 1, p. 413-416, 2002.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO; J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão do Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. Saraiva, São Paulo, 2006.
- SÁ, R. T. Universidade Católica de Petrópolis – UCP. Instituto de Pesquisa Educação e Tecnologia – IPTEC. Pós-Graduação de Engenharia de Segurança Contra Incêndio. **Material de aula**, 2021.
- SANNIGRAHI S.; PILLA F.; BASU B.; BASU A. S.; SARKAR K.; CHAKRABORTI S.; JOSHI P. K.; ZHANG Q.; WANG Y.; BHATT S.; JHA S.; KEESTRA S.; ROY P. S. Examining the effects of forest fire on terrestrial carbon emission and ecosystem production in India using remote sensing approaches. **Science of The Total Environment**, 138331, 2020.
- SANSEVERO, J. B., GARBIN, M. L., SÁNCHEZ-TAPIA, A., VALLADARES, F., SCARANO, F. R. Fire drives abandoned pastures to a savanna-like state in the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, 2020.
- SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 56.819 de 10 de março de 2011. **Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e estabelece outras providências**. São Paulo, 2011.
- SCHMIDT, I. B.; ELOY, L. Fire regime in the Brazilian Savanna: Recent changes, policy and management. **Flora**, p. 151613, 2020.
- SCHMITZ, L. A. **Uma ferramenta adaptativa para apoiar o planejamento de projetos do desenvolvimento de produtos**. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.
- SCHULMANN, D. **O Desenho Industrial**. Campinas – SP: Papirus, 1994.
- SEITO, A. I., GILL, A. A., PANNONI, F. D., ONO, R., SILVA, S. B. D., CARLO, U. D., SILVA, V. P. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 496, 2008.
- SERPA, F. B. **A segurança contra incêndio como abordagem de conservação do patrimônio histórico edificado: a aplicação do sistema de projeto baseado em desempenho em edifícios históricos em Florianópolis, SC**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. 2012.

- SIDDIQUI, N. A., TAUSEEF, S. M., ABBASI, S. A., KHAN, F. I. (Eds.). **Advances in Air Pollution Profiling and Control: Select Proceedings of HSFEA 2018**. Springer Nature. 2020.
- SILVA, V.P.; PANNONI, F.D. Engenharia de Segurança contra incêndio. In: SEITO, Alexandre Itiu et al (Coords). **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 411-427.
- SILVA, Valdir Pignatta. **Segurança contra incêndio em edifícios: Considerações para o projeto de arquitetura**. Editora Blucher, 2020.
- SOUZA JUNIOR, M. D. **Discharge system based on liquid carbon dioxide (CO₂)**. U.S. Patent Application n. 13/989,184, 26 set. 2013.
- SUH, N. P. **Principles of Design**. New York: Oxford University Press, 1990.
- SYPHARD, A. D.; KEELEY, J. E.; ABATZOGLOU, J. T. Trends and drivers of fire activity vary across California aridland ecosystems. **Journal of Arid Environments**, v. 144, p. 110-122, 2017.
- TAVARES, R.M. An analysis of the fire safety codes in Brazil: Is the performance-based approach the best practice?, **Fire Safety Journal**, n. 44, 2009, p.749–755.
- TAVARES, R.M., SILVA, A.C.P., DUARTE, D., Códigos prescritivos x códigos baseados no desempenho: qual é a melhor opção para o contexto do Brasil? **In: Encontro Nacional de Engenharia da Produção**, 22., out. 2002.
- THOMAS, A., MOINUDDIN, K., ZHU, H., JOSEPH, P. Passive fire protection of wood using some bio-derived fire retardants. **Fire Safety Journal**, 103074, 2020.
- UL- **Underwriters Laboratories**. Firefighter Safety Research Institute. Comparison of modern and legacy home furnishings. USA, 2005.
- USFA. U. S. Fire Administration: Working for a fire-safe América. **Fire in the United States 2008-2017**. 20th Edition. 2019.
- VANNUCCI, P., MASI, F., STEFANO, I., MAFFI-BERTHIER, V. Structural integrity of Notre Dame Cathedral after the fire of April 15th. **Archive ouverte HAL**, 2019.
- VARANDAS JUNIOR, A. **Uma proposta para integração de aspectos ambientais do ecodesign no processo de desenvolvimento de novos produtos**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014.
- VDI Richtlinie 2221:1985 **Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte** (Methodology for Developing and Designing Technical Systems and Products), Düsseldorf: VDI, 1985.
- VINCENT, G. **Managing new-product development**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.
- VIZIOLI, R. **Integração da engenharia do valor e do design thinking no processo de desenvolvimento de produtos**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016.

- WANG, Q. **A remote monitor collectorremotecontrolwaterway device.** Patent n. CN201921415283U, 2020.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing Product Development:** Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality. New York: Free Press, 1992.
- WIPO, World Intellectual Property Organization. Estudosobre as tendências da tecnologiaem 2019: **Inteligência Artificial**, 2019.
- WRÓBLEWSKA, J.; KOWALSKI, R. Assessing concrete strength in fire-damaged structures. **Construction and Building Materials**, v. 254, p. 119122, 2020.
- ZHANG, D. L., XIAO, L. Y., WANG, Y., HUANG, G. Z. Study on vehicle fire safety: Statistic, investigation methods and experimental analysis. **Safety science**, 117, 194-204, 2019.
- ZLATANOVIC, L., VREEBURG, J., VAN DER HOEK, J. P., POZNAKOV, I. An experimental study on the spray characteristics of residential sprinklers under low-flow and low-pressure conditions. **Fire Safety Journal**, 68, 30-40, 2014.

APÊNDICE 1 – PESQUISA SOBRE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DE COMBATE A INCÊNDIO

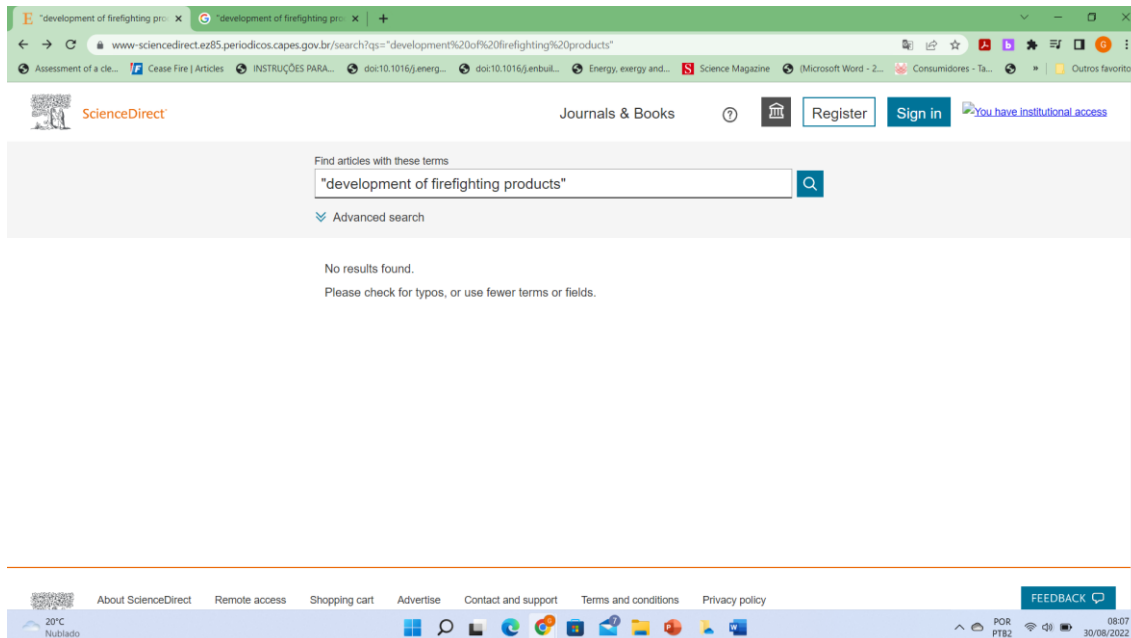
Nesta seção é apresentada uma pesquisa sobre processo de desenvolvimento de produtos de combate a incêndio, com intuito de revelar a originalidade da presente tese. Para tanto foi utilizada a estratégia de busca apresentada no Quadro 41.

Quadro 41- Estratégia de busca na literatura

Stings de busca	"development of firefighting products"
	"firefighting product" AND "development process"
Bases	ScienceDirect
	Scopus
	Web of Science
	Google acadêmico

Fonte: Autoria própria

Resultados encontrados:



Scopus - Document search results

www.scopus.ez85.periodicos.capes.gov.br/results/results.uri?sort=plf-f8src=s&st1="firefighting+product"+and+"development+process"&sid=3df04e2681d68f2696e556...

A test version of the search results page is available. We are working on a new results page. Give it a try and share your feedback. [Try the test version](#)

Document search results

TITLE-ABS-KEY ("firefighting product" AND "development process")

[Edit](#) [Save](#) [Set alert](#)

Documents Secondary documents Patents

No documents were found.

About Scopus
What is Scopus
Content coverage
Scopus blog
Scopus API
Privacy matters

Language
日本語版を表示する
查看简体中文版本
查看繁體中文版本
Просмотр версии на русском языке

Customer Service
Help
Tutorials
Contact us

20°C Nublado 08:16 30/08/2022

Scopus - Document search results

www.scopus.ez85.periodicos.capes.gov.br/results/results.uri?sort=plf-f8src=s&st1="development+of+firefighting+products"&sid=926bb1341e1ec9f569646d8ff1fd9e28...

A test version of the search results page is available. We are working on a new results page. Give it a try and share your feedback. [Try the test version](#)

Document search results

TITLE-ABS-KEY ("development of firefighting products")

[Edit](#) [Save](#) [Set alert](#)

Documents Secondary documents Patents

No documents were found.
Show results for: TITLE-ABS-KEY ("development of firefighting products")

About Scopus
What is Scopus
Content coverage

Language
日本語版を表示する
查看简体中文版本
查看繁體中文版本

Customer Service
Help
Tutorials
Contact us

20°C Nublado 08:08 30/08/2022

Caixa de entrada (7.102) x Google Tradutor x "firefighting product dev... x Eu quero Luz, quero Alegria... x Portal periodicos.CAPES x Pesquisa de documento - C x

www-webofscience.ez85.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search

Assessment of a cle... Cease Fire | Articles INSTRUÇÕES PARA... doi:10.1016/j.energ... doi:10.1016/j.enbuil... Energy, energy and... Science Magazine (Microsoft Word - 2... Consumidores - Ta... Outros favoritos

DOCUMENTOS PESQUISADORES

Pesquisar em: Coleção principal da Web of Science Edições: All

DOCUMENTOS REFERÊNCIAS CITADAS

Sua pesquisa não retornou nenhum resultado

Verifique a ortografia e/ou amplie seus parâmetros de pesquisa
Precisa de mais ajuda? Consulte nossos tutoriais, vídeos ou páginas de ajuda

Todos os campos Exemplo: liver disease india singh
"development of firefighting products"

+ Adicionar linha + Adicionar intervalo de datas Pesquisa avançada

X Limpar Pesquisar

20°C Nublado POR PTB2 08:14 30/08/2022

Caixa de entrada (7.102) x Google Tradutor x "firefighting product" and x Eu quero Luz, quero Alegria... x Portal periodicos.CAPES x Pesquisa de documento - C x

www-webofscience.ez85.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search

Assessment of a cle... Cease Fire | Articles INSTRUÇÕES PARA... doi:10.1016/j.energ... doi:10.1016/j.enbuil... Energy, energy and... Science Magazine (Microsoft Word - 2... Consumidores - Ta... Outros favoritos

DOCUMENTOS PESQUISADORES

Pesquisar em: Coleção principal da Web of Science Edições: All

DOCUMENTOS REFERÊNCIAS CITADAS

Sua pesquisa não retornou nenhum resultado

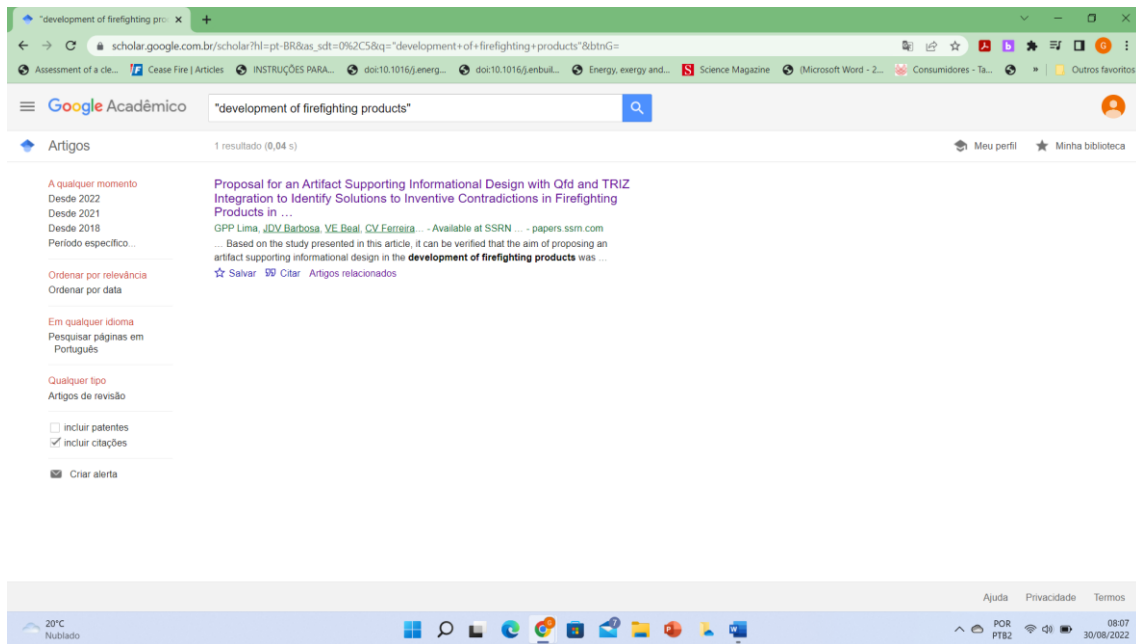
Verifique a ortografia e/ou amplie seus parâmetros de pesquisa
Precisa de mais ajuda? Consulte nossos tutoriais, vídeos ou páginas de ajuda

Todos os campos Exemplo: liver disease india singh
"firefighting product" and "development process"

+ Adicionar linha + Adicionar intervalo de datas Pesquisa avançada

X Limpar Pesquisar

20°C Nublado POR PTB2 08:15 30/08/2022



Observação:

O único artigo encontrado foi desenvolvido pela presente autora e colaboradores, como resultados das pesquisas do programa de doutoramento no GETEC SENAI CIMATEC.

APÊNDICE 2 – CONSULTA AOS GRUPOS DE INTERESSE

A presente seção apresenta os questionamentos realizados aos interessados chave, como especialistas, empresas, usuários, integrantes do corpo de bombeiros e profissionais da área, por meio de entrevistas semi-estruturadas e questionários, descritos a seguir:

Entrevista semi-estruturada

- 1- Comentar sobre a proteção ativa.
- 2- Há desenvolvimento de novos produtos no Brasil?
- 3- Em relação aos aspectos normativos, podem ser usadas soluções novas como medidas nas edificações?
- 4- Quais as principais dificuldades para o desenvolvimento de produtos de proteção e combate a incêndio no Brasil?
- 5- Quais os principais requisitos de produtos de combate a incêndio?
- 6- Momento para o pesquisador falar livremente.

Questionário

Pesquisa sobre o Processo de Desenvolvimento de Produtos de Combate a Incêndio no Brasil

O presente questionário faz parte da pesquisa de doutorado da discente Geovana Pires Lima, sob orientação da professora doutora Josiane Dantas Barbosa e o professor doutor Juliano Zafallon Gerber. Que objetiva ranquear os principais requisitos no processo de desenvolvimento de produtos combate a incêndio no Brasil. O questionário possui 12 seções, a primeira seção visa identificar o perfil do respondente, as demais seções são compostas por 20 questões na escala likert, para mensurar a importância dos principais requisitos, e a terceira seção é aberta e não obrigatória, para que respondente exponha sua opinião de forma livre. O tempo estimado de resposta é de cerca de 20 minutos. Ao responder o questionário, o respondente autoriza a divulgação dos resultados em sua totalidade, no entanto a identidade não será revelada. Informo que não é necessário a identificação no questionário.

Estou à disposição para qualquer esclarecimento!

gpalima@uesc.br geovana.lima@aln.senaicimatec.edu.br

(73) 9 9169-0038.

Projeto aprovado em comitê de ética: CAAE 46254821.2.0000.9287

Atenciosamente

Requisitos desejáveis para cada tipo de ocupação (ABNT 1433-2)

Ter fácil inspeção

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter custo baixo de fabricação

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ser fácil de fabricar

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter custo baixo de manutenção

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ser fácil de realizar manutenção

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter resistência

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ser fácil de transportar

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ser fácil de instalar

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter preço competitivo

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter diferentes formas de acionamento

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter detecção eficiente

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter acionamento eficiente

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter extinção eficiente

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Promover extinção sem causar danos

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ter baixa intervenção estrutural

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ser durável

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)

1	2	3	4	5
Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante

Observação: Foram repetidas para os 10 tipos de edificação segundo a norma ABNT 1433-2 a solicitação de pontuação dos requisitos.

APÊNDICE 3 – COMENTÁRIOS DOS RESPONDENTES

Com base nos questionamentos apresentados no Apêndice 2, foram obtidas as respostas a seguir:

Comentário 1: “A realidade com relação a processos produtivos no segmento de Detecção e Iluminação de Emergência no Brasil é que existem normas orientativas balizando os fabricantes, projetistas e integradores, orientando como fabricar equipamentos, projetar, instalar, comissionar e realizar manutenções dos sistemas, mas apenas isso não é suficiente, quando o assunto é "Fabricação de Equipamentos". Sabemos também da importância do Comitê Brasileiro de Segurança Contra Incêndio (CB24) e da presença das federações dos Corpos de Bombeiros e suas respectivas legislações peculiares para cada estado. Porém infelizmente não existe no Brasil uma necessidade compulsória para os fabricantes, exigindo testes, aferições e certificações laboratoriais dos equipamentos de Sistemas de Detecção e Iluminação de Emergência, tornando o cenário de fabricação independente para cada fabricante, inventando sua própria topologia. Na minha opinião, devemos ter uma exigência compulsória de um órgão certificador como o Inmetro (Assim como é feito com os extintores e outros equipamentos de combate) a fim de regular e nivelar os critérios e processos de fabricação. A realidade atual é lamentável, pois se refletirmos perceberemos que vários equipamentos de "Combate a Incêndios" tem exigência compulsória do INMETRO, equipamentos aos quais são utilizados para "combater" um incêndio existente, e Sistemas de Detecção e Alarmes de Incêndio, tão importante quanto, pois detectam um ponto de aquecimento (geração de fumaça), ou um princípio de incêndio. Por exemplo, são fundamentais no alerta precoce, fazendo com que pessoas comuns consigam intervir rapidamente evitando que um fogo controlado se torne descontrolado, mas infelizmente estes equipamentos não são regulamentados pelos órgãos certificadores de forma compulsória. Felizmente, o Brasil por ser um país continental e multicultural, é perceptível os grandes avanços tecnológicos, educacionais e profissionais contribuindo para o crescimento deste segmento, e a conscientização de muitos profissionais na escolha de equipamentos de qualidade.”

Comentário 2: “acredito que apenas locais com concentração de pessoas, objetos, e veículos devem abranger medidas de diversas classes, pois é comum riscos adicionais nesses ambientes após a execução do projeto.”

Comentário 3: “Importante produtos de qualidade que não necessitem de muita manutenção com preços competitivos.”

Comentário 4: “Parabéns pelo tema! De grande importância em diversos segmentos.”

Comentário 5: “Por trabalhar com avaliação de risco de incêndio, julgo importante toda forma de diminuição do risco de incêndio através de equipamentos e ações como, por exemplo, acionamento automático de alarme com ligação direta com o Corpo de Bombeiros local. Além disso, equipamentos com custo baixo, de fácil instalação e manutenção, podem estimular seu uso numa sociedade que ainda não tem uma cultura de prevenção contra incêndio consolidada.”

Comentários 6: “É possível melhorar o processo de desenvolvimento de produtos de combate a incêndio no Brasil através de estudos dessa natureza, combinado com as pesquisas em áreas correlatas!”

Comentário 7: “Normalmente as edificações no Brasil não possuem sistemas de combate a incêndio planejados a nível de projeto. Então um sistema desse tipo deve priorizar o baixo impacto na estrutura do local durante a sua instalação. Isso ajudaria na adesão a esses sistemas no Brasil.”

Comentário 8: “Se me permite um comentário, uma questão fundamental e que não foi tratada no questionário é a certificação de equipamentos por entidade de 3a. parte. Se não houver um esquema de certificação continuaremos a ter equipamentos de má qualidade no Brasil, pois o mercado é sensível ao preço e o único objetivo da maioria dos usuários é ter seu sistema aprovado pelos bombeiros, independentemente da qualidade e confiabilidade do produto. A meu ver isso só será resolvido quando a certificação de produtos passar a ser exigida pelos corpos de bombeiros.”

Comentário 9: “A melhora no processo de desenvolvimento de produtos de combate a incêndio no Brasil, é importante, pois é um segmento que necessita de ações mais práticas em direção à preservação das vidas, dos patrimônios e do meio ambiente.”

Comentário 10: “Muito importante pesquisas sobre esse assunto que ao mesmo tempo que é comum ainda possui muitos tópicos fora do entendimento popular.”

Comentário 11: “O processo de desenvolvimento de produtos não é consolidado, as soluções são importadas, e há dificuldade de certificação, existem poucos laboratórios e profissionais da engenharia de incêndio. As normas são prescritivas e a cultura da população não prioriza a prevenção.”

Comentário 12: “Se faz necessário montar um grupo técnico multidisciplinar para difusão do conhecimento sobre o tema para despertar o desejo de contribuição em estudos e pesquisas. Eu me coloco a disposição e tenho interesse de participar desse grupo técnico.”

Comentário 13: “Excelente pesquisa. Existe uma carência muito grande na introdução de tecnologias nas soluções de combate a incêndio.”

Comentário 14: “Parabéns um excelente trabalho, precisamos melhorar muito os sistemas de proteção contra incêndio no Brasil.”

Comentário 15: “Muito bom esse novo modelo de lidar com esse problema aqui no Brasil trabalha com essas novas ferramentas creio que vai diminuir bastante os incêndios aqui.”

Comentário 16: “Primeiro conscientizar as pessoas a importância prevenção de combate a incêndio. Quando não é possível ter pessoas física no local entra a tecnologia a nosso favor, a carência por parte de nossos governantes em investimentos para pessoas, como você, para suas ideias com governo em projeto piloto seria meio fazer com essas pessoas olhem com olhar diferente para desenvolvimento do produto contra incêndio.”

Comentário 17: “É necessária uma consolidação em toda a segurança contra incêndio, em medidas de prevenção e de proteção. Em relação a proteção ativa, é necessário o incentivo à inovação, apoio científico para o desenvolvimento de produtos, modelos de referência que facilite a concepção de soluções inventivas, criação de laboratórios para testagem e certificação dos produtos e principalmente mudança da cultura da população.”

Comentário 18: “As empresas brasileiras em sua maioria não desenvolvem pesquisas e inovações nos produtos de proteção ativa. As empresas de pequeno porte não possuem um processo de desenvolvimento de produtos estruturado.”

Comentário 19: “Principais problemas estão relacionados com a falta de investimento, distanciamento entre as empresas e o corpo de bombeiros e dificuldades na consolidação do processo de desenvolvimento de produtos, especialmente em empresas de médio porte, startups e pesquisadores em geral. As medidas de proteção ativa normalizadas são: sistema automático de extinção com água (sprinkler), redes independentes de fornecimento de água, detecção e alarme automático de incêndio, transmissão automática de alarme aos bombeiros, proximidade com o corpo de bombeiros e dispositivos de combate a incêndio manuais. Sistemas alternativos podem ser utilizadas, após a aprovação do corpo de bombeiros, atribuindo a responsabilidade ao projetista.”

Comentário 20: “Os principais problemas estão relacionados a cultura da população que não prioriza a prevenção, a legislação. As normas são prescritivas e não de desempenho. Há problemas com a introdução de novas tecnologias, não há um investimento expressivo na área de segurança contra incêndio, por meio de criação de laboratórios para desenvolvimento e teste das soluções, incentivo para inovação, também há limitações com o acesso das informações, não se tem informações estatísticas sobre as ocorrências dos incêndios no Brasil, informações sobre causa, impacto, número de mortos, feridos, isso dificulta o desenvolvimento de estratégias efetivas para a proteção e combate ao fogo.”

RESULTADO DA APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Necessidades desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo Residencial

Sendo a USFA, 2020, o maior número de incêndios em estruturas acontece em ambientes residenciais, no entanto as normas brasileiras isentam este tipo de edificação:

I - edificação residencial privativa unifamiliar; II - residência exclusivamente unifamiliar, localizada no pavimento superior de edificação mista com até dois pavimentos, que possua acesso independente para a via pública e não haja interligação entre as ocupações; III - empresas situadas em imóvel residencial, utilizado como simples ponto de referência, ou seja, sem atendimento ao público, sem armazenagem de mercadorias ou produtos, sem exibição de publicidade no local e sem exercício da atividade; e IV - comércio ambulante de qualquer natureza (RIO DE JANEIRO, 2018).

Estas edificações são isentas por serem consideradas de baixo risco, e os incêndios que ocorrem nelas não são de elevada severidade, o que levaria a uma repercussão e comoção da comunidade, porém são responsáveis por significativo número de mortes e ocorrências dos incêndios, sendo necessário o incentivo de medidas protetivas para estas edificações. A classificação da ocupação tipo residencial é apresentada no Quadro 42, segundo a norma ABNT 14432, e as principais causas de incêndio para esta edificação de acordo a USFA (2020).

Quadro 42- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação residencial

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Residencial	Cozinhar; Calor; Descuido; Mau funcionamento elétrico.	casas térreas e assobradas, isoladas ou não; - condomínios horizontais de residências unifamiliares; - condomínios verticais de apartamentos.	-	-

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

A descrição das principais causas de incêndio propostos pela UFSA (2020) é apresentado no Quadro 43.

Quadro 43- Descrição das principais causas de incêndio de acordo o UFSA (2020)

Causa	Definição
Cozinhar	Inclui fogões confinados, fogões, fornos, unidades de aquecimento fixas e portáteis, fritadeiras, grelhadores abertos como fonte de calor
Calor	Inclui chaminé confinada ou fumeiro, fogo confinado ao queimador de combustível / avaria da caldeira, aquecimento central, unidades de aquecimento local fixas e portáteis, lareiras e chaminés, fornos, caldeiras, aquecedores de água como fonte de calor
Descuido	Inclui o uso indevido de material ou produto, materiais ou produtos abandonados ou descartados, fonte de calor muito perto de combustíveis, outros não intencionais (falha mecânica / mau funcionamento, tiro pela culatra)
Mau funcionamento elétrico	Inclui distribuição elétrica, fiação, transformadores, caixas de medidores, dispositivos de comutação de energia, tomadas, cabos, plugues, protetores de sobretensão, cercas elétricas, acessórios de iluminação, arco elétrico como fonte de calor
Chama aberta	Inclui tochas, velas, fósforos, isqueiros, fogo aberto, brasa, cinzas, fogo reacendido, tiro pela culatra do motor de combustão interna como fonte de calor
Intencional	A causa da ignição é intencional ou o fogo é deliberadamente provocado
Outra fonte de calor	Inclui fogos de artifício, explosivos, chama / tocha usada para iluminação, calor ou faísca de fricção, material fundido, material quente, calor de objetos quentes ou fumegantes
Eletrodomésticos	Inclui televisores, rádios, equipamentos de vídeo, fonógrafos, secadores, máquinas de lavar, lava-louças, trituradores de lixo, aspiradores de pó, ferramentas manuais, cobertores elétricos, ferros de engomar, secadores de cabelo, barbeadores elétricos, abridores de latas, desumidificadores, bombas de calor, aparelhos de refrigeração de água, ar condicionado , freezers e equipamentos de refrigeração como fonte de calor
Mau funcionamento do equipamento	Inclui deficiência de operação do equipamento, mau funcionamento do equipamento
Fumar	Cigarros, charutos, cachimbos e calor de materiais indeterminados para fumar
Exposição	Causado pela propagação de calor de outro incêndio hostil
Natural	Causada pelo calor do sol, ignição espontânea, produtos químicos, relâmpagos, descarga estática, ventos fortes, tempestades, maré alta, incluindo inundações, terremotos, ação vulcânica e animais
Sob investigação	A causa está sob investigação e um módulo de incêndio criminoso NFIRS válido está presente
Outros equipamentos	Inclui equipamento especial (radar, raio-x, computador, telefone, transmissores, máquina de venda automática, máquina de escritório, bombas, máquina de impressão, ferramentas de jardinagem ou equipamento agrícola), equipamento de processamento (fornalha, forno, outras máquinas industriais), serviço, manutenção equipamento (incinerador, elevador), motor ou gerador separado, veículo em uma estrutura, equipamento não especificado.
Brincadeira com fonte de calor	Inclui todos os incêndios causados por indivíduos brincando com qualquer material contido nas categorias abaixo, bem como incêndios em que os fatores que contribuem para a ignição incluem brincar com fonte de calor. Crianças brincando com fogo estão incluídas nesta categoria

Fonte: USFA (2020)

Para analisar as principais necessidades para esta ocupação, 30 especialistas, responderam o questionário como o intuito de avaliar o grau de importância para as necessidades requeridas para a solução, o resultado é apresentado na Tabela 19.

Tabela 19- Avaliação dos especialistas para o grupo de residencial

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	6 (20%)	21 (70%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	1 (3,3%)	10 (33,3%)	7 (23,3%)	12 (40%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	3 (10%)	7 (23,3%)	6 (20%)	14 (46,7%)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	1 (3,3%)	1 (3,3%)	11 (36,7%)	17 (56,7%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	10 (33,3%)	19 (63,3%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	5 (16,7%)	6 (20%)	19 (63,3%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	2 (6,7%)	1 (3,3%)	6 (20%)	21 (70%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	3 (10%)	5 (16,7%)	8 (26,7%)	14 (46,7%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	12 (40%)	15 (50%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	1 (3,3%)	0 (0%)	7 (23,3%)	9 (30%)	13 (43,3%)
Ter preço competitivo	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	10 (33,3%)	16 (53,3%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	2 (6,7%)	5 (16,7%)	10 (33,3%)	13 (43,3%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	6 (20%)	20 (66,7%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	3 (10%)	26 (86,7%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	27 (90%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	5 (16,7%)	24 (80%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	10 (33,3%)	17 (56,7%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	8 (26,7%)	19 (63,3%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	6 (20%)	20 (66,7%)

Fonte: Autoria própria

Conforme pode ser visto na Tabela 19 as necessidades consideradas mais importantes pelo maior número de especialistas são derivadas dos aspectos de funcionalidade, como possuir eficiente detecção, acionamento e extinção. Também necessidades como ter elevada resistência, fácil inspeção, ser adaptável, e atender diferentes classes de incêndio foram consideradas pelos especialistas como de grande importância para as edificações do tipo residencial.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Serviços de hospedagem

Os serviços de hospedagem estão descritos pelo Quadro 44, e as principais causas de incêndio estão relacionadas com as atividades de cozinha, calor, descuido e intencional.

Quadro 44- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação serviços de hospedagem

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Serviços de hospedagem	Cozinhar; Calor; Descuido; Intencional.	-Conventos; mosteiros.	-Albergues; -alojamentos; - casa de cômodos; -hotéis; - internatos; -motéis; - pensionatos; -pousadas. - Apart-hotéis; -flats; -hotéis e assemelhados com cozinha própria; -hotéis residenciais.	

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

Para a ocupação serviços de hospedagem, o grau de importância das necessidades requeridas na solução é ilustrado por meio da Tabela 20 que apresenta o resultado do questionário.

Tabela 20- Avaliação dos especialistas para o grupo de serviços de hospedagem

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	5 (16,7%)	23 (76,7%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	2 (6,7%)	10 (33,3%)	4 (13,3%)	14 (46,7%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	3 (10%)	7 (23,3%)	9 (30%)	11 (36,7)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	0 (0%)	7 (23,3%)	7 (23,3%)	16 (53,3%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	1 (3,3%)	4 (13,3%)	5 (16,7%)	20 (66,7%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (30%)	21 (70%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	5 (16,7%)	23 (76,7%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	2 (6,7%)	7 (23,3%)	5 (16,7%)	16 (53,3%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	1 (3,3%)	7 (23,3%)	9 (30%)	13 (43,3%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	10 (33,3%)	18 (60%)
Ter preço competitivo	0 (0%)	2 (6,7%)	7 (23,3%)	8 (26,7%)	13 (43,3%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	10 (33,3%)	16 (53,3%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	3 (10%)	23 (76,7%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	26 (86,7%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	13 (43,3%)	14 (46,7%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	13 (43,3%)	14 (46,7%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	9 (30%)	19 (63,3%)

Fonte: Autoria própria

Analisando a Tabela 20, verifica-se que as necessidades consideradas mais importantes são relacionadas a funcionalidade com eficiente detecção, acionamento e extinção, ter fácil inspeção, elevada resistência, poder ser utilizado em diferentes classes de incêndio e ter integração com diferentes sistemas como corpo de bombeiros e centrais de supervisão.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Comercial varejista

O grupo de edificação Comercial varejista engloba os comércios desde pequeno porte até centros comerciais, e as principais causas de incêndio de acordo a USFA (2020) são: cozinhas, mau funcionamento elétrico, calor e descuido. Conforme apresentado no Quadro 45.

Quadro 45- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação comercial varejista

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Comercial varejista	Cozinhar; Mau funcionamento elétrico; Calor; Descuido.	-Comércio com área até 750 m², e: -Armarinhos; -butiques; -drogarias; -mercearias; -frutarias; -sacolões; -açougues; -tabacarias; -restaurantes, e bares sem concentração de público.	comércio com área superior a 750 m², e: -Edifícios de lojas; -galerias comerciais; -lojas de departamento; -magazines; -mercados e supermercados; -padarias. -Centros comerciais; -feiras permanentes; -hipermercados; -loja de armas e munições; -loja de colchões; -marcenarias; -madeireiras; -shopping centers	

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

Considerando a ocupação comercial varejista os especialistas avaliaram de acordo o grau de importância das necessidades requeridas para a solução de acordo a Tabela 21.

Tabela 21- Avaliação dos especialistas para o grupo comercial varejista

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	8 (26,7%)	21 (70%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	1 (3,3%)	10 (33,3%)	9 (30%)	10 (33,3%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	2 (6,7%)	10 (33,3%)	6 (20%)	12 (40%)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	1 (3,3%)	3 (10%)	8 (26,7%)	18 (60%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	6 (20%)	21 (70%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	11 (36,7%)	18 (60%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	4 (13,3%)	23 (76,7%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	3 (10%)	6 (20%)	5 (16,7%)	16 (53,3%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	2 (6,7%)	2 (6,7%)	10 (33,3%)	16 (53,3%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	8 (26,7%)	19 (63,3%)
Ter preço competitivo	0 (0%)	3 (10%)	4 (13,3%)	7 (23,3%)	16 (53,3%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	7 (23,3%)	20 (66,7%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	1 (3,3%)	1 (3,3%)	3 (10%)	25 (83,3%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	27 (90%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	27 (90%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	10 (33,3%)	18 (60%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	1 (3,3%)	4 (13,3%)	7 (23,3%)	18 (60%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	5 (16,7%)	22 (73,3%)

Fonte: Autoria própria

Similarmente para as outras ocupações, as principais necessidades apontadas pelos especialistas dizem respeito à funcionalidade, como ter eficiente detecção, acionamento e extinção, atender à diferentes classes de incêndio, ser resistente e adaptável e versátil, podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes e fácil inspeção.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Serviços profissionais pessoais e técnicos

A ocupação de serviços profissionais pessoais e técnicos, que inclui locais para prestação de serviços, agências bancárias e serviços de reparação, sendo as principais causas de incêndio: cozinhar, mau funcionamento elétrico, calor e descuido. Ilustrado no Quadro 46.

Quadro 46- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação serviços profissionais pessoais e técnicos

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Serviços profissionais pessoais e técnicos	Cozinhar; Mau funcionamento elétrico; Calor; Descuido.	-Agências bancárias; -agências de correios; -barbearias; -cabeleireiros; -cartórios; -centros profissionais; -chaveiros; -escritórios administrativos e técnicos; -laboratório de análises clínicas; -instituições financeiras; -postos policiais; -quartéis. -Repartições públicas.	assistência técnica, reparação e manutenção de aparelho eletrodoméstico; -centro de processamento de dados; -estúdios de rádio; -gravação de áudio; -laboratórios técnico-científicos; -pintura de letreiros. -Almoxarifados; -centrais de polícia; -clínicas radiológicas; -clínicas de radioterapia; -delegacias; -estúdios de gravação de imagem; -estofamento de móveis; -estúdios de cinema e televisão; -laboratórios de análises radiológicas; -lavanderias a seco.	-Aplicação de líquidos inflamáveis; -limpeza com solventes; -pintura e envernizamento por imersão; -pintura por fluorcoating.

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

A Tabela 22 apresenta o resultado do questionário com os especialistas, sobre o grau de importância das necessidades de soluções de combate de incêndio em serviços profissionais, pessoais e técnicos.

Tabela 22- Avaliação dos especialistas para o grupo serviços profissionais, pessoais e técnicos

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	5 (16,7%)	24 (80%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	2 (6,7%)	9 (30%)	6 (20%)	13 (43,3%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	2 (6,7%)	12 (40%)	5 (16,7%)	11 (36,7%)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	1 (3,3%)	3 (10%)	9 (30%)	17 (56,7%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	7 (23,3%)	20 (66,7%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	9 (30%)	20 (66,7%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	8 (26,7%)	21 (70%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	4 (13,3%)	3 (10%)	5 (16,7%)	18 (60%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	2 (6,7%)	4 (13,3%)	8 (26,7%)	16 (53,3%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	12 (40%)	17 (56,7%)

Ter preço competitivo	0 (0%)	3 (10%)	5 (16,7%)	5 (16,7%)	17 (56,7%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	0 (0%)	5 (16,7%)	7 (23,3%)	18 (60%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	1 (3,3%)	3 (10%)	3 (10%)	23 (76,7%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	26 (86,7%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	27 (90%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	27 (90%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	5 (16,7%)	10 (33,3%)	15 (50%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	1 (3,3%)	4 (13,3%)	9 (30%)	16 (53,3%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	1 (3,3%)	3 (10%)	8 (26,7%)	18 (60%)

Fonte: Autoria própria

Os especialistas apontaram que as principais necessidades também são relacionadas a funcionalidade, possuir eficiente detecção, acionamento e extinção, ter fácil inspeção e manutenção, atender diferentes classes de incêndio, ter elevada resistência, e ter integração com diferentes sistemas como corpo de bombeiros e centrais de supervisão.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Educacional e cultura física

Na ocupação educacional e cultura física, inclui-se as escolas em geral e especiais, sendo as principais causas de incêndio, segundo a USFA (2020), são cozinhar, intencional, calor, mau funcionamento elétrico, conforme ilustrado no Quadro 47.

Quadro 47- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação educacional e cultura física

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Educacional e cultura física	Cozinhar; Intencional; Calor; Mau funcionamento elétrico.	escolas com área até 200 m ² , e: - academias de ginásticas, musculação, esportes e artes marciais.	-Escolas com área superior a 200 m ² , e: - creches; -escolas maternais e de educação infantil -escolas profissionais; -escolas para idosos; -saunas. - Escolas para portadores de necessidades especiais	

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

Para a categoria educacional e cultura física os especialistas avaliaram as principais necessidades quando ao grau de importância, conforme apresentado na Tabela 23.

Tabela 23- Avaliação dos especialistas para o grupo educacional e cultura física

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (16,7%)	25 (83,3%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	1 (3,3%)	5 (16,7%)	7 (23,3%)	17 (56,7%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	2 (6,7%)	8 (26,7%)	5 (16,7%)	15 (50%)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	9 (30%)	19 (63,3%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	8 (26,7%)	20 (66,7%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (30%)	21 (70%)

Ter elevada resistência	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	6 (20%)	22 (73,3%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	4 (13,3%)	4 (13,3%)	5 (16,7%)	17 (56,7%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	2 (6,7%)	3 (10%)	7 (23,3%)	18 (60%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	1 (3,3%)	1 (3,3%)	9 (30%)	19 (63,3%)
Ter preço competitivo	0 (0%)	2 (6,7%)	3 (10%)	6 (20%)	19 (63,3%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	6 (20%)	20 (66,7%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	3 (10%)	24 (80%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	29 (96,7%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	7 (23,3%)	20 (66,7%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	1 (3,3%)	3 (10%)	9 (30%)	17 (56,7%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	8 (26,7%)	20 (66,7%)

Fonte: Autoria própria

As necessidades mais importantes de acordo os especialistas estão relacionados à funcionalidade, como ter detecção, acionamento e extinção eficientes, ter fácil inspeção, atender a diferentes classes de incêndio, ter elevada resistência, ter integração com diferentes sistemas como corpo de bombeiros e centrais de supervisão.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Locais de reunião pública

A ocupação locais de reunião pública contempla: Locais onde há objetos de valor inestimável; Templos e auditórios; Centros esportivos; Estações e terminais de passageiros; Locais de produção e apresentação de artes cênicas; Clubes sociais; Construções provisórias e Locais para refeições. Em que as principais causas de incêndio são provocadas por: Cozinhar; Calor; Mau funcionamento elétrico e Intencional (USFA, 2020). Conforme ilustrado no Quadro 48.

Quadro 48- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação locais de reunião pública

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Locais de reunião pública	Cozinhar; Calor; Mau funcionamento elétrico; Intencional.	bares; -estação rodoviária; - igrejas; - mesquitas; -sala de reuniões; - sinagogas; - restaurantes; - templos	-Auditórios; -bares e restaurantes dançantes; -bibliotecas e assemelhados; -boates; -cinemas; -danceterias; -estação metroviária; - estação ferroviária; -estádios; - galerias de arte; -ginásios; -locais de exposições permanentes; - museus; -teatros; -salões diversos. - Aeroporto; -autódromo; - kartódromo; -casa de jogos; -clubes noturnos em geral; -feiras de exposições itinerantes; -salão de clubes sociais; -salão de festas ou bailes.	-Circos e assemelhados - estruturas provisórias (arquitancadas, palanques, palcos e tendas); -parque de diversões; -qualquer atividade ou evento com espetáculo pirotécnico em ambiente aberto. -Qualquer edificação com espetáculo pirotécnico em ambiente fechado - indoor.

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

Ocupação denominada Locais de reunião pública, abrange um número diverso de ambientes como locais que guarda bens de valor inestimável, templos, auditórios, centros esportivos, estação, terminais de passageiros, locais de produção e apresentação de artes cênicas, clubes sociais, construções provisórias e locais para refeições. A USFA aponta que as principais causas de incêndio são ao cozinhar, calor, mau funcionamento elétrico e intencional.

Para a ocupação locais de reunião pública os especialistas avaliaram as principais necessidades quando ao grau de importância, de acordo a Tabela 24.

Tabela 24- Avaliação dos especialistas para o grupo locais de reunião pública

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (26,7%)	22 (73,3%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	0 (0%)	9 (30%)	8 (26,7%)	13 (43,3%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	1 (3,3%)	11 (36,7%)	5 (16,7%)	13 (43,3%)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	10 (33,3%)	17 (56,7%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	7 (23,3%)	20 (66,7%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	7 (23,3%)	22 (73,3%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	5 (16,7%)	23 (76,7%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	3 (10%)	5 (16,7%)	4 (13,3%)	18 (60%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	0 (0%)	6 (26,7%)	8 (26,7%)	16 (53,3%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	1 (3,3%)	1 (3,3%)	8 (26,7%)	20 (66,7%)
Ter preço competitivo	0 (0%)	3 (10%)	4 (13,3%)	8 (26,7%)	15 (50%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	8 (26,7%)	19 (63,3%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	2 (6,7%)	25 (83,3%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	29 (96,7%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	26 (86,7%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	9 (30%)	18 (60%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	10 (33,3%)	18 (60%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	8 (26,7%)	20 (66,7%)

Fonte: Autoria própria

As necessidades mais importantes estão relacionadas com a funcionalidade, ter detecção, acionamento, extinção eficientes, atender diferentes classes de incêndio, ter elevada resistência, ter fácil inspeção e manutenção, ter integração com diferentes sistemas como corpo de bombeiros, centrais de supervisão. É importante salientar que em prédios históricos deve-se conceber soluções com baixa intervenção estrutural e em ambiente que contém acervo de valor inestimável é fundamental garantir a extinção sem causar danos no local.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Serviços automotivos

Na ocupação serviços automotivos que consiste garagens, postos de abastecimento, oficinas, borracharias, sendo as principais causas de incêndio segundo a USFA (2020) são devido a descuido, explosão, mau funcionamento elétrico e chama aberta, conforme apresentado no Quadro 49.

Quadro 49- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação serviços automotivos

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Serviços automotivos	Descuido; Explosão; Mau funcionamento elétrico; Chama aberta.		edifícios garagem; -estacionamento de veículos; -garagens automotivas; - showrooms automotivos; -agências de compra e venda de veículos; -oficina de conserto de veículos (exceto de carga e coletivo); -borracharia (sem recauchutagem). -Posto de lavagem. - Embarcadouro; -oficina e garagens de veículos de carga e descarga, máquinas agrícolas e rodoviárias; -oficina retificadora de motores; -pier.	-Local com serviço de troca de óleo; -hangares.

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

Considerando os serviços automotivos os especialistas avaliaram as principais necessidades quando ao grau de importância, de acordo a Tabela 19.

Tabela 25- Avaliação dos especialistas para o grupo serviços automotivos

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	5 (16,7%)	22 (73,3%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	2 (6,7%)	11 (36,7%)	4 (13,3%)	13 (43,3%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	2 (6,7%)	12 (40%)	4 (13,3%)	12 (40%)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	0 (0%)	9 (30%)	6 (20%)	15 (50%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	0 (0%)	9 (30%)	4 (13,3%)	17 (56,7%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	9 (30%)	17 (56,7%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	9 (30%)	20 (66,7%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	4 (13,3%)	5 (16,7%)	6 (20%)	15 (50%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	2 (6,7%)	8 (26,7%)	5 (16,7%)	15 (50%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	0 (0%)	7 (23,3%)	8 (26,7%)	15 (50%)
Ter preço competitivo	0 (0%)	1 (3,3%)	6 (20%)	9 (30%)	14 (46,7%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	1 (3,3%)	6 (20%)	5 (16,7%)	18 (60%)
Podem ser aplicados a todas as classes de incêndio	0 (0%)	2 (6,7%)	4 (13,3%)	2 (6,7%)	22 (73,3%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	3 (10%)	26 (86,7%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	27 (90%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	5 (16,7%)	24 (80%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	5 (16,7%)	7 (23,3%)	18 (60%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	2 (6,7%)	4 (13,3%)	8 (26,7%)	16 (53,3%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	2 (6,7%)	3 (10%)	7 (23,3%)	18 (60%)

Fonte: Autoria própria

A Tabela 25 revela que as necessidades mais importantes consistem em detecção, acionamento e extinção eficientes, ter fácil inspeção, atender diferentes classes de incêndio, possuir elevada resistência, atender diferentes classes de incêndio, ter variadas formas de acionamento.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Serviços saúde e institucionais

Os serviços de saúde e institucionais contemplam hospitais e similares, clínicas veterinárias, ambiente de cuidados físicos e mentais, Prédios e instalações vinculadas às forças armadas, polícias civil e militar e locais onde a liberdade das pessoas sofre restrições, segundo o USFA (2020) as principais causas são cozinhar, intencional, mau funcionamento elétrico e chama aberta. Como ilustrado no Quadro 50.

Quadro 50- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação serviços de saúde e institucionais

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Serviços de saúde e institucionais	Cozinhar; Intencional; Descuido; Mau funcionamento elétrico; Chama aberta.	clínicas sem internação; - consultórios; - hospitais veterinários.	-Asilos; -abrigos geriátricos; -ambulatórios; - casa de saúde -centros de saúde; -posto de atendimento de urgência; -postos de saúde; - prontos-socorros; -clínicas com internação. - Clínicas radiológicas e de radioterapia; - hospitais; -instituição de reabilitação de deficientes físicos e mentais.	

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

A avaliação dos especialistas quanto o grau de importância das necessidades requeridas no produto é apresentado na Tabela 26.

Tabela 26- Avaliação dos especialistas para o grupo serviços de saúde e institucionais

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	3 (10%)	26 (86,7%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	3 (10%)	7 (23,3%)	3 (10%)	17 (56,7%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	3 (10%)	9 (30%)	4 (13,3%)	14 (46,7%)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	3 (10%)	2 (6,7%)	8 (26,7%)	19 (63,3%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (30%)	21 (70%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (20%)	24 (80%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	1 (3,3%)	0 (0%)	4 (13,3%)	25 (83,3%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	4 (13,3%)	3 (10%)	5 (16,7%)	18 (60%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	2 (6,7%)	6 (20%)	7 (23,3%)	15 (50%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	6 (20%)	23 (76,7%)
Ter preço competitivo	1 (3,3%)	2 (6,7%)	3 (10%)	6 (20%)	18 (60%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	6 (20%)	23 (76,7%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	2 (6,7%)	25 (83,3%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	29 (96,7%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,9%)	27 (93,1%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	5 (16,7%)	24 (80%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	9 (30%)	18 (60%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	1 (3,3%)	2 (6,7%)	3 (10%)	24 (80%)

Fonte: Autoria própria

A funcionalidade da solução também foi apontada como necessidade de grande importância que engloba detecção, acionamento e extinção eficientes, ter fácil inspeção, atender a diferentes classes de incêndio, ter elevada resistência, integração de diversos sistemas como corpo de bombeiros e sistemas supervisórios, promover extinção sem causar danos e possuir

adaptabilidade e versatilidade para ser aplicado em diferentes ambientes. Hospitais e locais onde pessoas requerem cuidados especiais por limitações físicas ou mentais, possuem um significativo número de pessoas que terão um comportamento inerte na presença de um incêndio, desta forma a solução deve considerar as limitações das pessoas no local.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Serviços saúde e institucionais

Para a ocupação tipo Industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista trata de ambientes com materiais com médio ou alto potencial de incêndio, e as principais causas de incêndio de acordo a USFA (2020) são devido ao calor, descuido, mau funcionamento do equipamento elétrico, conforme ilustrado no Quadro 51.

Quadro 51- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista	Calor; Descuido; Mau funcionamento do equipamento; Mau funcionamento elétrico.	-Materiais de construção incombustíveis (cimento, areia, brita, tijolo, pedra, ferragem e outros materiais incombustíveis);	avicultura; -bebidas; gaseificadas e sucos; -eletrônicos; -hidroelétricas; -produtos lácteos; -vidro e seus produtos; -gráficas. -Beneficiamento de cereais e grãos; -curtumes, peles e couros; -destilarias e bebidas alcoólicas; -estações e subestações transformadoras; -gorduras, cebo, graxas e ceras; -látex e cola; -máquinas e equipamentos mecânicos e eletromecânicos; -plásticos e papel; -ração animal; -usinagem e metalúrgica.	-Alcatrão; -asfalto, ceras, breu e piche; -beneficiamento de algodão; -borracha e pneus; -carvão; -colchões; -estofamento de móveis; -extrusão de metais; -fundições; -madeira e cortiça; -produtos químicos; -serrarias; -termoelétrica; -têxtil, calçados e decoração.

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

Para a ocupação tipo industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista, as principais necessidades para a solução de combate a incêndio, de acordo os especialistas, podem ser identificadas na Tabela 27.

Tabela 27- Avaliação dos especialistas para o grupo industrial, comercial de médio e alto risco, atacadista

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	7 (23,3%)	20 (66,7%)
Ter custo baixo de fabricação	1 (3,3%)	2 (6,7%)	11 (36,7%)	4 (13,3%)	12 (40%)
Ser fácil de fabricar	1 (3,3%)	3 (10%)	9 (30%)	4 (13,3%)	13 (43,3%)
Ter custo baixo de manutenção	1 (3,3%)	1 (3,3%)	5 (16,7%)	9 (30%)	14 (46,7%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	1 (3,3%)	4 (13,3%)	6 (20%)	19 (63,3%)

Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (23,3%)	23 (76,7%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (23,3%)	23 (76,7%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	3 (10%)	4 (13,3%)	5 (16,7%)	18 (60%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	2 (6,7%)	7 (23,3%)	7 (23,3%)	14 (46,7%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	9 (30%)	20 (66,7%)
Ter preço competitivo	0 (0%)	3 (10%)	6 (20%)	6 (20%)	15 (50%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	5 (16,7%)	22 (73,3%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	2 (6,7%)	3 (10%)	2 (6,7%)	23 (76,7%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	2 (6,7%)	4 (13,3%)	6 (20%)	18 (60%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	1 (3,3%)	0 (0%)	7 (23,3%)	7 (23,3%)	15 (50%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	2 (6,7%)	2 (6,7%)	4 (13,3%)	22 (73,3%)

Fonte: Autoria própria

Conforme a Tabela 27, verifica-se que as principais necessidades estão relacionadas com a funcionalidade, com ter detecção, acionamento e extinção eficientes, ter integração com diferentes sistemas como corpo de bombeiros e centrais de supervisão, ter elevada resistência, atender diferentes classes de incêndio, possuir diferentes formas de acionamento e ser versátil e adaptável podendo ser aplicado em diferentes classes de incêndio.

Requisitos desejáveis nos produtos de combate a incêndio em ocupações tipo: Serviços saúde e institucionais

Por fim, a norma ABNT 14432 classifica a edificação quanto ao uso destinado a depósitos, de baixo, médio e alto risco de incêndio, e a USFA (2020) atribui como principais causas de incêndio: descuido, chama aberta, mau funcionamento elétrico e intencional, conforme ilustrado no Quadro 52.

Quadro 52- Principais causas de incêndio e grau de risco para a ocupação depósito

Ocupação/uso (ABNT NBR 1433-2)	Principais causas (USFA, 2020)	Risco (NT N° 02/2016-CBMDF)		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Depósitos	Descuido; Chama aberta; Mau funcionamento elétrico; Intencional.	materiais de construção incombustíveis (cimento, areia, brita, tijolos, ferragens, lajes de concreto e similares).	bebidas gasificadas; -discos de vinil; -doces; -máquinas e equipamento mecânicos e eletromecânicos. -Arquivos públicos e privados; -alcatrão; -asfalto, breu e piche; -bebidas alcoólicas; -centro de distribuição; -cereais e grãos -colchões, tecidos; -couro e pele; -gorduras e cebos; -látex, cola e borracha; -madeira, cortiça; -papel.	algodão; -carvão; -graxas e ceras; -madeira.

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 1433-2); (USFA, 2020); (DISTRITO FEDERAL, 2016)

A avaliação dos especialistas para as principais necessidades que uma solução aplicava a proteção em depósitos é apresentada na Tabela 28.

Tabela 28- Avaliação dos especialistas para o grupo depósitos

Necessidade	Não é importante	As vezes importante	Moderado	Importante	Muito importante
Ter fácil inspeção	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	7 (23,3%)	21 (70%)
Ter custo baixo de fabricação	0 (0%)	4 (13,3%)	9 (30%)	3 (10%)	14 (46,7%)
Ser fácil de fabricar	0 (0%)	3 (10%)	9 (30%)	5 (16,7%)	13 (43,3%)
Ter custo baixo de manutenção	0 (0%)	0 (0%)	7 (23,3%)	8 (26,7%)	15 (50%)
Ser fácil/rápido de realizar manutenção	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	7 (23,3%)	20 (66,7%)
Ter integração com diferentes sistemas (Corpo de bombeiros, Centrais de supervisão)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	10 (33,3%)	18 (60%)
Ter elevada resistência	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,3%)	6 (20%)	23 (76,7%)
Ser fácil de transportar	0 (0%)	5 (16,7%)	5 (16,7%)	5 (16,7%)	15 (50%)
Ser fácil de instalar	0 (0%)	3 (10%)	4 (13,3%)	8 (26,7%)	15 (50%)
Ter acesso remoto (Podendo ser monitorado e controlado remotamente)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	8 (26,7%)	19 (63,3%)
Ter preço competitivo	0 (0%)	3 (10%)	4 (13,3%)	7 (23,3%)	16 (53,3%)
Ter diferentes formas de acionamento	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	6 (20%)	21 (70%)
Poder ser aplicado a todas as classes de incêndio	0 (0%)	2 (6,7%)	2 (6,7%)	4 (13,3%)	22 (73,3%)
Ter detecção eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	28 (93,3%)
Ter acionamento eficiente	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (10%)	27 (90%)
Ter extinção rápida	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (13,3%)	26 (86,7%)
Promover extinção sem causar danos no local	0 (0%)	0 (0%)	5 (16,7%)	7 (23,3%)	18 (60%)
Ter baixa intervenção estrutural para instalação	0 (0%)	1 (3,3%)	4 (13,3%)	8 (26,7%)	17 (56,7%)
Ser adaptável (Podendo ser usado em diferentes tipos de ambientes)	0 (0%)	2 (6,7%)	2 (6,7%)	7 (23,3%)	19 (63,3%)

Fonte: Autoria própria

Observando a Tabela 28, verifica-se que as necessidades avaliadas como muito importantes estão relacionadas com a funcionalidade, devendo ter detecção, acionamento e extinção eficientes, ter elevada resistência, atender a diferentes classes de incêndio, ter fácil inspeção e manutenção e possuir diferentes formas de acionamento.

PRODUÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA

- LIMA, G. P. A., ARAUJO, D. V. G., BARBOSA, J. D. V., BEAL, V. E., GERBER, J. Z. "Overview of engineering fire protection solutions in structures", **International Journal of Development Research**, 11, (02), 44189-44194, 2021.
- LIMA, G. P. A., BARBOSA, J. D. V., BEAL, V. E., GONÇALVES, M. A. M. S., MACHADO, B. A. S., GERBER, J. Z., LAZARUS, B. S. Exploratory analysis of fire statistical data and prospective study applied to security and protection systems. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 102308. 2021.
- BEAL, V. E., LIMA, G. P. A., PASSEGGI, L. S. G. S., ARAUJO, D. V. G, BARBOSA, J. D. V, SOGLIA, L. V. M. **Dispositivo de combate a incêndio movimentado por meio de cabos suspensos**. Pedido de patente: BR 102020015415-0 A2, 2020.
- LIMA, G. P. A., BARBOSA, J. D. V., E., MACHADO, B. A. S., GERBER, J. Z estudo prospectivo sobre a aplicação de inteligência artificial em sistemas de combate a incêndio. **In: V Seminário de Avaliação de Pesquisa Científica e Tecnológica (SAPCT) e IV Workshop de Integração e Capacitação em Processamento de Alto Desempenho (ICPAD) - Centro Universitário SENAI CIMATEC**, 2020.
- LIMA, G. P. A., BARBOSA, J. D. V., E., GERBER, J. Z, ; "estudo prospectivo sobre sistemas automáticos de detecção, alarme e supressão de incêndios", p. 218-225 . In: **Anais do V Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2019. ISSN 2357-7592, DOI 10.5151/siintec2019-28
- LIMA, G. P. A; BARBOSA, J. D. V.; BEAL, V. E. FERREIRA, C. V.; GERBER, J. Z. FERNANDES, S. P. F.; SANTOS, C. L. F.; FERREIRA, L. S., Proposal for an Artifact Supporting Informational Design with Qfd and TRIZ Integration to Identify Solutions to Inventive Contradictions in Firefighting Products in Buildings. **Computers & Industrial Engineering**. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4129647> (em avaliação).