



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DO  
CONHECIMENTO

Natanael Silva de Oliveira

**Integração de dados e informações de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil:** Uma proposta para estabelecer interoperabilidade semântica.

Florianópolis  
2024

Natanael Silva de Oliveira

**Integração de dados e informações de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil:** Uma proposta para estabelecer interoperabilidade semântica.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Orientador: Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.  
Coorientador: Prof. Vinicius Faria Culmant Ramos, Dr.

Florianópolis

2024

### Ficha de identificação da obra

Oliveira, Natanael Silva de  
Integração de dados e informações de Ocorrências dos  
Corpos de Bombeiros Militares do Brasil: : Uma proposta  
para estabelecer interoperabilidade semântica. / Natanael  
Silva de Oliveira ; orientador, Fernando Alvaro Ostuni  
Gauthier, coorientador, Vinicius Faria Culmant Ramos, 2024.  
127 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia e Gestão do Conhecimento. 2. Ontologia.  
3. Integração de dados e informações. 4. Ciclo Operacional  
de Bombeiros. 5. Interoperabilidade Semantica. I.  
Gauthier, Fernando Alvaro Ostuni. II. Ramos, Vinicius  
Faria Culmant. III. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão  
do Conhecimento. IV. Título.

Natanael Silva de Oliveira

**Integração de dados e informações de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil:** Uma proposta para estabelecer interoperabilidade semântica.

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Nelson Gonçalves de Souza, Dr.  
Examinador Externo

Prof. Marcelo Macedo, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rogerio Cid Bastos, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Gestão do Conhecimento.



Documento assinado digitalmente

**Luciane Maria Fadel**

Data: 12/09/2024 14:01:01-0300

CPF: \*\*\*,558.569-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Luciane Maria Fadel, Dr  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Documento assinado digitalmente

**Fernando Alvaro Ostuni Gauthier**

Data: 12/09/2024 12:25:15-0300

CPF: \*\*\*,442.220-\*\*

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.  
Orientador(a)

Florianópolis, 2024.

Dedico este trabalho a todos os bombeiros militares, cuja bravura, dedicação e compromisso com a segurança e o bem-estar da sociedade são uma fonte constante de inspiração. Que este estudo

contribua para a valorização e aprimoramento de suas incansáveis atividades.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela benção divina que me permite buscar a ser um profissional e uma pessoa melhor. Aos meus pais, pelo apoio incondicional. À minha noiva, Thais, pela paciência, compreensão, pelo amor constante e pelo exemplo de perseverança e dedicação que me inspira. Ao meu filho João Inácio, cuja alegria e energia me motivam diariamente a buscar ser uma pessoa e um profissional melhor.

Aos colegas dos diversos Corpos de Bombeiros Militares, que contribuíram com insights valiosos, entrevistas e conversas que enriqueceram este trabalho. À LIGABOM, pelo suporte e pelas oportunidades de aprendizado proporcionadas.

À SENASP, em especial aos diretores, coordenadores e mobilizados da Diretoria de Gestão e Integração de Informações com quem pude trabalhar, que contribuíram significativamente para meu aprendizado e formação prática na área de gestão e integração de informações. Ao CBMES pelo apoio contínuo, em especial aos colaboradores do Departamento de Gestão de Emergências, pelo suporte constante em nossas atividades diárias em busca da produção de conhecimento para assessorar melhores decisões institucionais.

Agradeço também a todos os colegas de turma, professores, monitores e amigos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, seja com palavras de incentivo, críticas construtivas ou simplesmente por estarem ao meu lado nos momentos mais desafiadores.

A todos, meu sincero agradecimento.

“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia.” (Atribuído a DEMING, W Edwards).



## RESUMO

Para promover a melhoria contínua das atividades dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil, sejam elas de prevenção, fiscalização ou resposta a emergências, é utilizado um framework denominado Ciclo Operacional de Bombeiros, composto por cinco fases: preventiva, estrutural, combate, investigativa e estratégica. Durante as fases do ciclo, o conhecimento é criado pela transformação de dados e informações das ocorrências atendidas em conhecimento aplicável, necessitando de interoperabilidade semântica entre sistemas heterogêneos das 27 corporações do país. No entanto, a heterogeneidade semântica dos dados e informações impede essa transformação, impactando negativamente todo o ciclo de melhoria contínua. Buscando solucionar essa problemática, esta dissertação investiga como os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil podem integrar dados e informações sobre as ocorrências atendidas para promover uma melhoria contínua em suas atividades. O objetivo principal do trabalho é desenvolver uma abordagem para integração de dados e informações sobre ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil, visando melhorar a comunicação e a interoperabilidade entre diferentes corporações. A pesquisa adota uma abordagem tecnológica pragmática, fundamentada no Design Science Research (DSR). O conhecimento sobre o domínio da atuação operacional dos corpos de bombeiros foi adquirido através de pesquisa bibliográfica e documental, além de entrevistas informais com especialistas. De maneira similar, um levantamento bibliográfico foi realizado para identificar o estado da arte na integração de dados, destacando as tecnologias e ferramentas emergentes disponíveis, bem como os desafios enfrentados. Entre as ferramentas analisadas, a ontologia, como artefato de representação do conhecimento, foi escolhida como base conceitual para promover a interoperabilidade semântica de dados. Os resultados do trabalho incluem a proposição da Rede de Ontologias para o Processo de Atendimento de Ocorrências do Corpo de Bombeiros Militares (OCOB-ON). Para especificar a rede, foram utilizados o Guia Metodológico 101 e a Methontology. Uma das ontologias da rede, a Ontologia das Naturezas de Ocorrência (ONAT), foi desenvolvida e implementada utilizando as ferramentas OntoKEM e Protégé. A implementação da ONAT foi validada por meio da instanciação de ocorrências reais e pela realização de consultas SPARQL, demonstrando que a ontologia é aplicável e consistente em cenários reais da atuação operacional dos corpos de bombeiros militares. Também foi realizada por especialistas uma Avaliação da ONAT, com a utilização do método Delphi, que confirmou a clareza, coerência e completude da ontologia. Além disso, foi realizada a manutenção da ontologia a partir do feedback dos especialistas, perfazendo todo o ciclo de desenvolvimento proposto. Embora a avaliação plena da OCOB-ON exija o desenvolvimento das demais ontologias da rede e a integração com outras tecnologias de banco de dados, este estudo demonstrou a capacidade do uso de ontologias para obtenção de consenso e formalismo sobre os conceitos de um domínio. As futuras pesquisas podem focar no desenvolvimento das demais ontologias da rede e na aplicação de tecnologias emergentes para aprimorar a análise de dados e a previsão de tendências.

**Palavras-chave:** Integração de Dados. Ontologia. Ciclo Operacional de Bombeiros. Interoperabilidade Semântica.

## ABSTRACT

To promote the continuous improvement of activities of the Military Fire Departments in Brazil, whether in prevention, inspection, or emergency response, a framework called the Operational Firefighter Cycle is used. This cycle consists of five phases: preventive, structural, combat, investigative, and strategic. During the phases of the cycle, knowledge is created through the transformation of data and information from attended incidents into applicable knowledge, requiring semantic interoperability between heterogeneous systems of the 27 fire departments across the country. However, semantic heterogeneity of data and information prevents this transformation, negatively impacting the entire continuous improvement cycle. Seeking to solve this problem, this dissertation investigates how the Military Fire Departments of Brazil can integrate data and information about attended incidents to promote continuous improvement in their activities. The main objective of this work is to develop an approach for the integration of data and information on incidents attended by the Military Fire Departments in Brazil, aiming to improve communication and interoperability between different fire departments. The research adopts a pragmatic technological approach, grounded in Design Science Research (DSR). Knowledge about the operational domain of fire departments was acquired through bibliographic and documentary research, as well as informal interviews with experts. Similarly, a bibliographic review was conducted to identify the state of the art in data integration, highlighting the emerging technologies and tools available, as well as the challenges faced. Among the tools analyzed, the ontology, as a knowledge representation artifact, was chosen as the conceptual basis to promote semantic data interoperability. The results of the work include the proposal of the Network of Ontologies for the Incident Response Process of the Military Fire Departments (OCOB-ON). To specify the network, the Methodological Guide 101 and Methontology were used. One of the network's ontologies, the Ontology of Nature of Occurrences (ONAT), was developed and implemented using the OntoKEM and Protégé tools. The implementation of ONAT was validated through the instantiation of real incidents and the execution of SPARQL queries, demonstrating that the ontology is applicable and consistent in real-world operational scenarios of the military fire departments. Additionally, ONAT was evaluated by experts using the Delphi method, which confirmed the clarity, coherence, and completeness of the ontology. Moreover, ontology maintenance was carried out based on expert feedback, completing the entire proposed development cycle. Although the full evaluation of OCOB-ON requires the development of other ontologies in the network and integration with other database technologies, this study demonstrated the ability to use ontologies to achieve consensus and formalism regarding domain concepts. Future research may focus on the development of the remaining ontologies in the network and the application of emerging technologies to enhance data analysis and trend prediction.

**Keywords:** Data Integration, Ontology, Firefighter Operational Cycle, Semantic Interoperability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxo de Integração de Dados Via SINESP Integração .....	21
Figura 2– Ciclo PDCA .....	36
Figura 3 – Ciclo Operacional de Bombeiro.....	38
Figura 4 - Processos de transformação na pirâmide do conhecimento .....	43
Figura 5- Processos de Gestão do Conhecimento .....	45
Figura 6 - Framework de dados, informações e conhecimentos aplicados no Ciclo Operacional de Bombeiro, a luz dos processos de GC.....	46
Figura 7 - Esquema de ontologia em sistema baseado em conhecimento.....	53
Figura 8 - Categorização da Representação do Conhecimento .....	55
Figura 9 - Diferentes tipos de especificações classificadas como ontologias na literatura da ciência da computação.....	55
Figura 10 - Engenharia de Ontologias como Processo de Desenvolvimento de Software .....	58
Figura 11 - Representação da metodologia METHONTOLOGY.....	64
Figura 12 - Etapas do processo metodológico e ferramentas utilizadas na construção da ontologia proposta .....	79
Figura 13 - Visão Negocial dos Processos, dados e informações do atendimento de uma ocorrência bombeiro militar .....	89
Figura 14 - Modularização orientada a processos da OCOB-ON.....	93
Figura 15 - Relacionamentos entre as ontologias que compõem a rede ontológica OCOB-ON.....	96
Figura 16 - Classificação e conceituação do Vocabulário da ONAT no ONTOKEM .....	113
Figura 17 - Parte do documento extraído do OntoKEM, com a definição de classes e suas respectivas conceituações .....	114
Figura 18 - Módulo da OntoKEM para estabelecimento da hierarquia entre as classes .....	115
Figura 19 - Estabelecendo Relações no módulo Dicionário de Classe .....	116
Figura 20 - Visualização da Hierarquia de Classes no Protégé.....	118
Figura 21 - Representação gráfica da hierarquia de classes com OntoGraf.....	119

Figura 22- Visualização da Hierarquia de Propriedades de Objetos no Protégé.....	120
Figura 23 - Visualização da Hierarquia de Propriedades de Dados no Protégé.....	121
Figura 24 - Instâncias de Natureza implementadas de acordo com suas respectivas classes e subclasses.....	125
Figura 25 - Instâncias de Ocorrências implementadas de acordo com suas propriedades de dados e de objetos.....	126
Figura 26 - Explicação das inconsistências encontradas durante a simulação.....	128
Figura 27 - Inferências de propriedades realizadas a partir da lógica da ontologia .	129
Figura 28 - Detalhes das Ocorrências e Naturezas instanciadas na ONAT .....	130
Figura 29 - Quantidade de Ocorrências Registradas por Classes de Naturezas .....	131
Figura 30 - Quantidade de Ocorrências Registradas por Subclasses de Naturezas..	132
Figura 31 - Lista de ocorrências com filtro temporal.....	133
Figura 32 - Lista de Ocorrências com filtro temporal, espacial e temático.....	134
Figura 33 - Trecho do Formulário Enviado aos Especialistas.....	135

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Referências encontradas no banco de dados do PPEGC sobre Integração de Dados e Ontologia .....	27
Quadro 2 - Correspondência entre o ciclo PDCA e o Ciclo Operacional de Bombeiro .....	41
Quadro 3 - Conceitos e contribuições de Ontologias .....	56
Quadro 4 - Relação da Etapa DSR e o Objetivo Específico do Trabalho a ser alcançado .....	77
Quadro 5 - Questões de Competência para especificação da ONAT .....	97
Quadro 6 - Questões de Competência para especificação da ONOC.....	98
Quadro 7 - Questões de Competência para especificação da ONATEN .....	100
Quadro 8 - Questões de Competência para especificação da ONAO .....	101
Quadro 9 - Questões de Competência para especificação da ORAOC.....	103
Quadro 10 - Códigos e Grupos de Naturezas no CBMES .....	104
Quadro 11 - Código, Grupo e subníveis de Natureza no CBMES .....	106
Quadro 12 - Códigos e Grupos de Naturezas no CBMMG e respectivos correspondentes no CBMES.....	106
Quadro 13 - Código e Grupos de Naturezas da LIGABOM e respectivos correspondentes no CBMES e CBMMG .....	107
Quadro 14 - Códigos e grupos de naturezas no NFIRS .....	108
Quadro 15 - Questões de competência inseridas na ferramenta OntoKEM e termos e relações sugeridas que serviram de base para o desenvolvimento da ONAT .....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de aplicação da primeira rodada do método Delphi quanto aos conceitos propostos .....	136
Tabela 2 - Resultados de aplicação da primeira rodada do método Delphi quanto aos princípios de design desejados para a Ontologia.....	136
Tabela 3 - Resultados de aplicação da segunda rodada do método Delphi quanto às alterações na Estrutura da Ontologia .....	139
Tabela 4 - Resultados de aplicação da segunda rodada do método Delphi quanto às revisões nos conceitos incorporadas.....	139
Tabela 5 - Revisão das sugestões pendentes da primeira rodada .....	140

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIRE - Assessoria de Informações Regionais e Estatística

API - Application Programming Interface

APH - Atendimento Pré-Hospitalar

BO - Boletim de Ocorrência

CBMDF - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

CBMES – Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo

CBMs - Corpos de Bombeiros Militares

CIT - Centro de Informações Toxicológicas

CTIF - International Association of Fire and Rescue Services

DIAO - Diretriz Integrada de Ações e Operações do Sistema de Defesa Social de Minas Gerais

DSR - Design Science Research

DW - Data Warehouse

EC - Engenharia do Conhecimento

EGC - Engenharia e Gestão do Conhecimento

ERPs - Enterprise Resource Systems

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IRI - Internationalized Resource Identifier

JICA - Agência Japonesa de Cooperação Internacional

LIGABOM - Conselho Nacional dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil

NFIRS - National Fire Incident Reporting System

ON – Rede de Ontologia

ONAT - Ontologia das Naturezas de Ocorrência

ONAO - Ontologia do Registro Administrativo de Ocorrências Atendidas

ONATEN - Ontologia do Atendimento

OCOB-ON - Rede de Ontologias para o Processo de Atendimento de Ocorrências do Corpo de Bombeiros Militares

ORAOC - Ontologia do Registro Administrativo de Ocorrências Atendidas

OWL - Web Ontology Language

PDCA - Plan-Do-Check-Act

PPE – Procedimentos Policiais Eletrônicos

PPGEGC - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento

RDF - Resource Description Framework

SCIE - Sistema de Controle de Incêndios e Emergências

SDCA - Standard-Do-Check-Act

SENASP – Secretaria Nacional de Segurança Pública

SINESP - Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública Prisionais e de Rastreabilidade de Armas e Munições de Material Genético de Digitais e de Drogas

SPARQL - SPARQL Protocol and RDF Query Language

SUSP - Sistema Único de Segurança Pública

URI - Uniform Resource Identifier

USFA - US Fire Administration

W3C - World Wide Web Consortium

XML - Extensible Markup Language



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	MOTIVAÇÃO .....	15
1.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....	16
<b>1.2.1</b>	<b>Registro de ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Experiências internacionais na integração de dados de ocorrências de bombeiros</b>	<b>19</b>
<b>1.2.3</b>	<b>SINESP e os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.4</b>	<b>Problema e pergunta de Pesquisa .....</b>	<b>22</b>
1.3	OBJETIVOS .....	23
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>24</b>
1.4	DELIMITAÇÃO E LIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	24
1.5	JUSTIFICATIVA .....	25
1.6	ADERÊNCIA AO EGC .....	25
1.7	ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS .....	27
<b>2</b>	<b>A ATUAÇÃO OPERACIONAL DOS CORPOS DE BOMBEIROS MILITARES NO BRASIL E AS INFORMAÇÕES E CONHECIMENTOS GERADOS</b>	<b>29</b>
2.1	BREVE HISTÓRICO DA ORIGEM DOS CORPOS DE BOMBEIROS NO BRASIL E NO MUNDO.....	29
2.2	ORGANIZAÇÃO DOS CORPOS DE BOMBEIROS.....	31
2.3	ATIVIDADES E ATRIBUIÇÕES DOS CORPOS DE BOMBEIROS.....	32
2.4	CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIRO.....	35
<b>2.4.1</b>	<b>Fase normativa ou preventiva .....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Fase passiva ou estrutural.....</b>	<b>39</b>

2.4.3	Fase ativa ou de combate .....	40
2.4.4	Fase investigativa (pericial) .....	40
2.4.5	Fase estratégica .....	41
2.5	DADOS, INFORMAÇÕES E CONHECIMENTOS NO CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIRO .....	42
2.6	PROCESSOS DE GESTÃO DE CONHECIMENTO APLICADOS NO CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIRO .....	44
2.7	FRAMEWORK DE DADOS, INFORMAÇÕES E CONHECIMENTOS NO ÂMBITO DO CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIROS.....	46
<b>3</b>	<b>INTEGRAÇÃO E COPARTILHAMENTO DE DADOS, INFORMAÇÕES E CONHECIMENTOS.....</b>	<b>48</b>
3.1	TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA INTEGRAÇÃO E INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS E SEUS DESAFIOS.....	48
3.1.1	<b>Bancos de Dados Relacionais.....</b>	<b>48</b>
3.1.2	<b>Sistemas de Gestão Integrada - Enterprise Resource Systems (ERPs) .....</b>	<b>48</b>
3.1.3	<b>Armazéns de dados - Data warehouse (DWs).....</b>	<b>49</b>
3.1.4	<b>Data Lakes.....</b>	<b>49</b>
3.2	INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA E ONTOLOGIAS .....	50
3.2.1	<b>Interoperabilidade Semântica .....</b>	<b>50</b>
3.2.2	<b>Ontologias.....</b>	<b>51</b>
3.3	CONCEITOS DE ONTOLOGIA NA REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO .....	54
3.4	CLASSIFICAÇÃO DE ONTOLOGIAS .....	57
3.4.1	<b>Classificação de ontologias de acordo com o processo de desenvolvimento... 57</b>	
3.4.2	<b>Classificação de ontologias de acordo com a generalidade..... 58</b>	
3.5	BENEFÍCIOS E PROBLEMAS NO USO DA ONTOLOGIA.....	59
3.6	METODOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE UMA ONTOLOGIA.....	62
3.6.1	<b>Metodologia METHONTOLOGY .....</b>	<b>62</b>

3.6.2	<b>Guia Ontology Development 101.....</b>	<b>64</b>
3.7	FERRAMENTAS PARA CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS .....	65
3.7.1	<b>OntoKEM .....</b>	<b>65</b>
3.7.2	<b>Protégé .....</b>	<b>66</b>
3.7.3	<b>RDF – Resource Description Framework .....</b>	<b>67</b>
3.7.4	<b>SPARQL - Query Language for RDF.....</b>	<b>67</b>
3.8	PRINCÍPIOS DE DESIGN DE ONTOLOGIAS PARA USO NO COMPARTILHAMENTO DE CONHECIMENTO.....	68
3.8.1	<b>Clareza .....</b>	<b>68</b>
3.8.2	<b>Coerência .....</b>	<b>68</b>
3.8.3	<b>Extensibilidade.....</b>	<b>69</b>
3.8.4	<b>Minimalismo Ontológico .....</b>	<b>69</b>
3.8.5	<b>Viés Mínimo de Codificação .....</b>	<b>69</b>
3.8.6	<b>Completude .....</b>	<b>69</b>
3.9	REDES DE ONTOLOGIAS .....	70
3.10	MÉTODO DELPHI APLICADO A AVALIAÇÃO E REFINAMENTO (MANUTENÇÃO) DE ONTOLOGIAS .....	70
3.11	ONTOLOGIA NOS CORPOS DE BOMBEIROS .....	72
3.11.1	<b>Uma ontologia de incêndio e emergência para indicadores urbanos.....</b>	<b>74</b>
3.11.2	<b>Sistema de extração de informações por meio da transformação de dados de texto não estruturados de relatórios de incêndio.....</b>	<b>75</b>
4	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>76</b>
4.1	CONCEPÇÃO FILOSÓFICA E MÉTODO DE PESQUISA .....	76
4.2	METODOLOGIA ESCOLHIDA PARA CONSTRUÇÃO DOS ARTEFATOS .	78
5	<b>PROPOSTA E ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>80</b>
5.1	AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO SOBRE O DOMÍNIO .....	80
5.1.1	<b>Descrições Negociais .....</b>	<b>81</b>

5.1.1.1	<i>Corpos de Bombeiros Militares</i> .....	81
5.1.1.2	<i>Ocorrência de Bombeiro Militar</i> .....	82
5.1.1.3	<i>Atendimento de Ocorrência</i> .....	85
5.1.1.4	<i>Registro administrativo do atendimento de ocorrência</i> .....	86
<b>5.1.2</b>	<b>Estruturação das descrições em modelos</b> .....	<b>87</b>
5.2	ESPECIFICAÇÃO DA REDE DE ONTOLOGIAS OCOB-ON.....	91
5.2.1.1	<i>Ontologia das Naturezas de Ocorrências (ONAT)</i> .....	96
5.2.1.2	<i>Ontologia da Ocorrência (ONOC)</i> .....	97
5.2.1.3	<i>Ontologia do Atendimento (ONATEN)</i> .....	99
5.2.1.4	<i>Ontologia da Articulação Operacional (ONAO)</i> .....	100
5.2.1.5	<i>Ontologia do Registro Administrativo de Ocorrências Atendidas (ORAOC)</i> .....	101
5.3	PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DA ONTOLOGIA Das NATUREZAS de ocorrência.....	104
<b>5.3.1</b>	<b>Classificações de Naturezas de Ocorrência Bombeiro Militar</b> .....	<b>104</b>
5.3.1.1	<i>Naturezas de Ocorrências no Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo</i> ...	104
5.3.1.2	<i>Naturezas de Ocorrências no Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais</i> ....	106
5.3.1.3	<i>Naturezas de Ocorrências na LIGABOM</i> .....	107
5.3.1.4	<i>Naturezas de Ocorrências na NFIRS</i> .....	108
<b>5.3.2</b>	<b>Questões de competência e levantamento de Termos para ONAT</b> .....	<b>108</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Vocabulário da ONAT no ONTOKEM</b> .....	<b>113</b>
<b>5.3.4</b>	<b>Definindo Hierarquia de Classes da ONAT no ONTOKEM</b> .....	<b>114</b>
<b>5.3.5</b>	<b>Dicionário de Classes da ONAT no ONTOKEM</b> .....	<b>116</b>
5.4	IMPLEMENTAÇÃO DA ONAT NA FERRAMENTA PROTÉGÉ.....	117
<b>5.4.1</b>	<b>Hierarquia de Classes</b> .....	<b>117</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Propriedade de Objetos e Propriedade de Dados</b> .....	<b>119</b>
<b>6</b>	<b>VALIDAÇÃO E avaliação DA ONat</b> .....	<b>122</b>
6.1	Implementação de Instancias na ONAT .....	122

6.2	Testes de consistência a partir da ferramenta Reasoner no Protégé .....	127
6.3	Consultas de informações a partir da ferramenta Protégé com plugin SPARQL	129
<b>6.3.1</b>	<b>Listar Ocorrências e Naturezas da Ontologia, bem como suas propriedades de dados.</b>	<b>130</b>
<b>6.3.2</b>	<b>Contar Ocorrências por Classes e subclasses de Natureza .....</b>	<b>131</b>
<b>6.3.3</b>	<b>Listar ocorrências conforme filtros.....</b>	<b>132</b>
6.4	Pesquisa aos Especialistas .....	134
<b>6.4.1</b>	<b>Aplicação do Método Delphi – Primeira Rodada .....</b>	<b>135</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Aplicação do Método Delphi – Segunda Rodada.....</b>	<b>138</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>142</b>
7.1	RESULTADOS .....	142
7.2	RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS.....	144
7.3	LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	145
7.4	RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....	145
7.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	146
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>147</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No capítulo introdutório são delineados os elementos que fundamentam esta pesquisa incluindo uma contextualização da atuação dos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil e o papel dos dados e informações de suas ocorrências atendidas na retroalimentação do seu ciclo de melhoria contínua.

O capítulo apresenta uma motivação do problema, sustentada por evidências teóricas e práticas que ressaltam a importância da integração desses dados em nível nacional. Além disso, os objetivos gerais e específicos do trabalho são explicitados, delineando o direcionamento da pesquisa.

Também é discutida a aderência do tema ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC), no âmbito da área de concentração em Engenharia do Conhecimento (EC), destacando como a pesquisa se enquadra e contribui para o contexto do programa.

Por fim, a estruturação do estudo é esboçada, proporcionando uma visão geral da organização subsequente do trabalho acadêmico.

### 1.1 MOTIVAÇÃO

Os Corpos de Bombeiros Militares no Brasil são instituições estaduais que possuem atribuições definidas na Constituição Federal, nas constituições dos Estados e do Distrito Federal, na Lei Orgânica Nacional das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios, e em leis estaduais ou distritais de organização das instituições, as quais elencam, em caráter geral: a coordenação e execução das atividades de defesa civil, a prevenção e combate a incêndios, a busca e salvamentos de pessoas e bens, os atendimentos pré-hospitalares e as atividades de perícia administrativa de incêndio (BRASIL, 1988).

Em suas atividades, os Corpos de Bombeiros, além de agir na pronta resposta, também atuam na prevenção, inclusive estabelecendo normas relacionadas com a segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio ou outros tipos de catástrofes.

Para execução das atividades de resposta e prevenção, é frequentemente utilizado nos Manuais Operacionais dos bombeiros o framework teórico de atuação denominado Ciclo Operacional de Bombeiro, que é composto por cinco fases: a fase normativa ou preventiva

(quando são elaboradas normas técnicas de prevenção contra incêndio e pânico, assim como campanhas de conscientização); a fase estrutural ou passiva (quando são executadas atividades de fiscalização das normas técnicas, bem como ocorre a preparação das equipes de pronta resposta para eventuais emergências); a fase ativa ou de combate (quando as equipes são acionadas para uma emergência), a fase investigativa (correspondente à análise das ocorrências para retroalimentar o ciclo) e a fase estratégica (em que são tomadas as decisões para garantir a melhoria contínua de todo o ciclo (RIBEIRO; CAMILO, 2021)).

Na fase estrutural, diversos dados e informações são gerados sobre a preparação institucional para o atendimento de ocorrências. Da mesma forma, na fase ativa, os dados e informações sobre a ocorrência e o atendimento são registrados para viabilizar a análise necessária na fase investigativa. Durante a fase investigativa, são produzidos relatórios, laudos e pareceres para permitir tomadas de decisões assertivas na fase estratégica com o intuito de alcançar melhorias nos mecanismos de prevenção, preparação e resposta, desenvolvidos respectivamente nas fases normativa, passiva e ativa.

Partindo desta análise preliminar do Ciclo Operacional de Bombeiro, que será detalhado no próximo capítulo, já é possível inferir que a integração de dados e informações gerados durante o atendimento das ocorrências pelos Corpos de Bombeiros Militares de todo o Brasil constitui uma base rica para criação de conhecimento. Este conhecimento pode ser utilizado em todas as fases do ciclo, potencializando a melhoria contínua das atividades das corporações.

## 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Através do cenário introdutório, o tema desta pesquisa é a integração dos dados e informações das ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil.

Para contextualizar o Problema de Pesquisa, é preciso descrever como se dá, atualmente, os registros dos dados e informações de ocorrências, também conhecidos como boletins de ocorrência ou relatórios de ocorrência, no âmbito das corporações no Brasil e também com exemplos no exterior.

### 1.2.1 Registro de ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil

Vale destacar que, como instituições estaduais, existem hoje no Brasil 27 corpos de bombeiros militares e cada corporação, em regra, realiza o registro administrativo do atendimento de suas ocorrências localmente, seja por meio de um documento físico preenchido manualmente ou de um software de registros, e, assim, compõem uma base própria e localizada de informações sobre as ocorrências (LIGABOM, 2024).

O Conselho Nacional dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil (LIGABOM), que é composto pelos Comandantes Gerais de todos os corpos de bombeiros militares do país, em conjunto com a Secretaria Nacional de Segurança Pública do Ministério da Justiça e Segurança Pública (Senasp), realizou em 2007, por meio de uma Câmara Técnica, a primeira padronização dos campos a serem preenchidos nos registros de ocorrência dos bombeiros.

O objetivo do trabalho foi permitir um levantamento de dados específicos da atuação bombeiro militar de forma prática, rápida e segura, de modo a permitir aos gestores a tomada de decisões baseadas em dados estatísticos que refletiam a realidade do serviço operacional realizado pelos corpos de bombeiros nas diversas unidades da federação (LIGABOM, 2007).

Com a divulgação do modelo de relatório, em conjunto com seu manual de preenchimento, os Corpos de Bombeiros passaram a aplicar o modelo em suas instituições, cada um ao seu modo.

Algumas corporações aplicaram o modelo em formato físico de preenchimento manual, criando as funções de “relatoristas” para digitalizar as principais informações de cada relatório.

Outras desenvolveram ou adquiriram softwares para que os chefes de guarnições fizessem o registro dos dados e informações diretamente em formato digital.

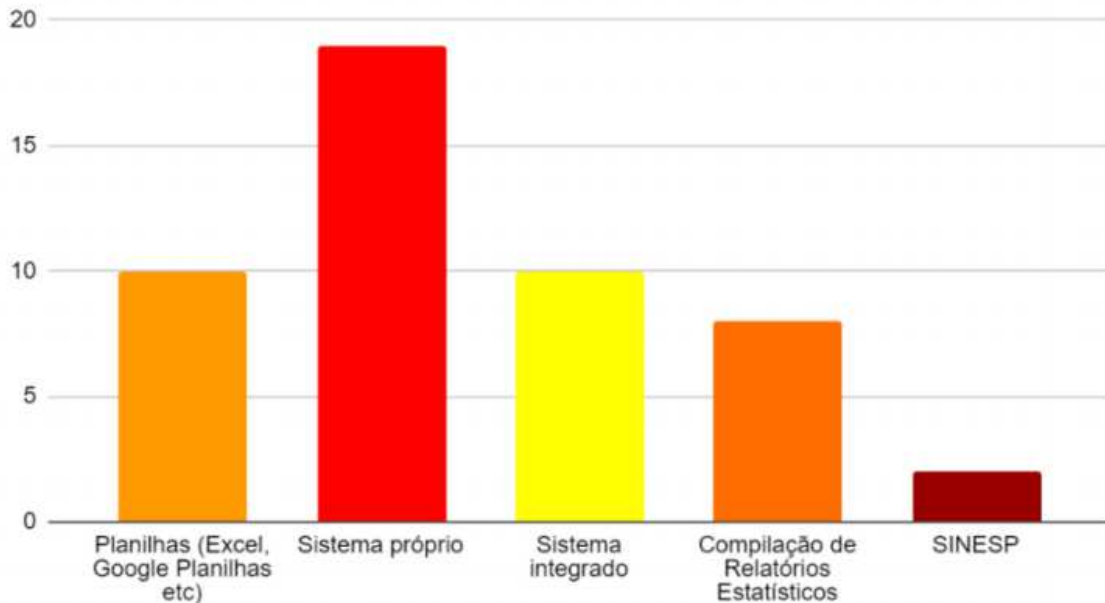
Em 2021, como será tratado nas seções seguintes, o SINESP (Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública) desenvolveu um módulo para preenchimento do Boletim de Ocorrência pelos Corpos de Bombeiros Militares, seguindo referências do modelo da LIGABOM e também referências internacionais (BRASIL, 2024).

Entretanto, um relatório produzido em 2024 pela Assessoria de Informações Regionais e Estatística (AIRE) da LIGABOM, identificou que as corporações utilizam métodos diversificados para a coleta de dados estatísticos dos atendimentos realizados. Destaca-se que pelo menos 19 corporações utilizam sistemas próprios para essa finalidade, conforme ilustrado no Gráfico 1 (LIGABOM, 2024).



Além disso, o relatório revelou que é comum as corporações adotarem mais de um método para a coleta de dados, combinando sistemas próprios, sistemas integrados, planilhas (Excel ou outros) e a compilação de relatórios estatísticos (LIGABOM, 2024).

Gráfico 1 – Métodos de coletas de dados utilizados pelos Corpos de Bombeiros



Fonte: LIGABOM (2024)

Isto demonstra que, apesar dos esforços da LIGABOM em padronizar os campos dos relatórios de ocorrência, ainda não há uma uniformidade nos métodos de coleta.

Mesmo as instituições que utilizam sistemas para o registro de dados baseado no modelo estabelecido pela LIGABOM, tais sistemas foram desenvolvidos por pessoas, momentos e tecnologias distintas, sem uma padronização no nível conceitual. Assim, ocorre uma ampla variedade nos modelos de dados e terminologia utilizada. O significado de cada campo e de suas respostas nos relatórios não foram padronizados.

A título de exemplo, pode-se citar o campo relacionado à Natureza da Ocorrência. Mesmo se tratando de um campo padrão, existente no relatório básico para todos os tipos de ocorrências, não foi previsto uma conceitualização padronizada de categorização, de forma que cada corporação tipifica a ocorrência ao seu modo, e sem uma previsão de equivalência entre os termos que permita uma interpretação única e não ambígua sobre cada fato.

Essas limitações na padronização do significado dos campos dificultam o estabelecimento de um conjunto de dados estruturados e integrados das ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares, impedindo uma interpretação uniforme e eficaz em nível nacional.

### **1.2.2 Experiências internacionais na integração de dados de ocorrências de bombeiros**

Internacionalmente, a *International Association of Fire and Rescue Services* - CTIF, por meio do *Center of Fire Statistics* publica anualmente, desde 1993, os relatórios relacionados à estatística mundial de incêndios (*World Fire Statistics*). O reporte 27 publicado em 2022, referente ao ano de 2020, apresenta dados gerais e quantitativos como chamados, ocorrências, óbitos e feridos de diversos países do mundo.

O relatório estudou 48 países, como China, Estados Unidos da América, Rússia e Japão, que, em conjunto, representam 42% da população mundial. O Brasil, apesar de representar quase 3% da população mundial, nunca esteve entre os países analisados (CTIF, 2022).

Todos os dados estatísticos apresentados nos *reports* da CTIF são obtidos através de resposta a questionários realizados pelo Centro de Estatística de Incêndios da CTIF ou por meio da verificação de publicações prévias das informações estatísticas oficiais dos países analisados (CTIF, 2022).

Nos Estados Unidos da América esses dados são coletados, analisados e publicados pelo *National Fire Incident Reporting System* - NFIRS (Sistema Nacional de Notificação de Ocorrências de Incêndio – Tradução nossa) desde 1977, vinculada a US Fire Administration - USFA. O sistema reúne dados estruturados de atendimento às emergências de mais de 22.000 corporações de bombeiros. Vale esclarecer que nos Estados Unidos, os departamentos de bombeiros são estabelecidos nos municípios, e por isso há tantas corporações distintas (OLIVEIRA, 2023).

Apesar da grande quantidade de departamentos envolvendo a rede de atendimento emergencial, todas as 50 unidades da federação americana estão participando do NFIRS (USFA, 2023).

Após atender um chamado, os dados são registrados no sistema local de registro de incidentes de cada corporação, e posteriormente enviados para as agências estaduais responsáveis pelos dados NFIRS. As agências estaduais reúnem os dados de todos os

departamentos em um banco de dados estadual e, em seguida, os transmitem para o *National Fire Data Center* da USFA (USFA, 2023).

O NFIRS pode então comparar e contrastar estatísticas de estados e dos grandes departamentos metropolitanos para desenvolver campanhas de educação, fazer recomendações para normas e códigos nacionais de segurança contra incêndio e pânico, orientar a alocação de verbas federais, determinar falhas de produtos de consumo, identificar o foco para esforços de pesquisa e apoiar a legislação (USFA, 2023).

Uma pesquisa no Google Acadêmico utilizando como chave de busca o nome “*National Fire Incident Reporting System*” retornou 1320 resultados, o que reforça a tese de que o NFIRS é utilizado como uma importante fonte de dados para uma ampla gama de análises, relatórios e pesquisas relacionadas à incêndios e outros riscos nos Estados Unidos.

### **1.2.3 SINESP e os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil.**

Como visto anteriormente, no Brasil, os Corpos de Bombeiros são instituições militares vinculadas aos Estados, e fazem parte das instituições de segurança pública, compondo o Sistema Único de Segurança Pública - Susp (BRASIL, 1988; 2018; 2023).

O Sistema Único de Segurança Pública, conforme dispõe a Lei 13.675/2018 – Lei do Susp, estabelece o Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública, Prisionais, de Rastreabilidade de Armas e Munições, de Material Genético, de Digitais e de Drogas - SINESP como meio e instrumento da Política Nacional de Segurança Pública e Defesa Social (BRASIL, 2018).

O SINESP deve, dentre seus objetivos, coletar, atualizar, analisar, sistematizar, integrar e interpretar dados e informações relativos às políticas de segurança pública e defesa social, bem como promover a integração das redes e sistemas de dados e informações de segurança pública e defesa social, criminais, do sistema prisional e sobre drogas (BRASIL, 2018).

Com base nesses objetivos, fica claro que o SINESP é o sistema responsável por integrar os dados gerados nos registros de ocorrências atendidas pelos órgãos da Segurança Pública em Geral, incluindo os atendimentos dos Corpos de Bombeiros Militares.

SANTOS *et al* (2020), ao analisar na prática as diversas soluções que compõem o SINESP, identificou que o sistema se estabelece como uma plataforma integrada de

informações para realização de consultas operacionais, investigativas e estratégicas sobre segurança pública, além de subsidiar proposição, acompanhamento e avaliação de políticas públicas.

Dentre essas soluções, pode-se destacar o SINESP Integração e o SINESP PPE (Procedimentos Policiais Eletrônicos) por possuírem relação direta com registro e integração de dados e informações de ocorrências.

Sobre o SINESP Integração, os autores concluíram que se trata de uma solução de integração tecnológica entre sistemas de tecnologia da informação dos entes federativos, conforme ilustra a Figura 1. O objetivo é coletar, armazenar e compartilhar dados e informações de segurança pública. Uma das principais entregas da solução é a integração dos registros de boletins de ocorrência (BOs) das polícias civis, que em 2019 alcançou o marco de integração entre as 27 Unidades da Federação (Santos *et al*, 2020).

Dados do SINESP de maio de 2024 registram o envio de mais de 118 milhões de Boletins de Ocorrência (BOs) ao SINESP Integração (BRASIL, 2024).

Figura 1- Fluxo de Integração de Dados Via SINESP Integração



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Para a integração dos BOs foi desenvolvido um conjunto de dados a serem enviados para validação que chega na base de dados do SINESP Integração via API (*Application Programming Interface*) por meio de um *web service* (Santos *et al*, 2020)

Entretanto, um desafio ainda não foi resolvido no âmbito do SINESP Integração, que é a integração de dados dos boletins (relatórios) de ocorrências registrados por outros órgãos distintos das Polícias Cíveis, como as polícias militares e Corpos de Bombeiros Militares (SANTOS *et al*, 2020).

Já o SINESP PPE (Procedimentos Policiais Eletrônicos), segundo Santos *et al* (2020), consiste em uma interface de registro e gestão de Boletins de Ocorrências e Procedimentos de Polícia Judiciária (Inquérito Policial; Auto de Prisão em Flagrante; Auto de Apreensão; Termo Circunstanciado de Ocorrência; etc).

Inicialmente o sistema foi desenvolvido para registro de boletins de ocorrência exclusivamente pelas Polícias Cíveis dos estados. Entretanto, em 2021, foi desenvolvido um módulo para Registro de Boletim Integrado, em que tanto as polícias militares, como os corpos de bombeiros, realizam seus registros de ocorrências no sistema, com formulários específicos de suas atividades (BRASIL, 2024).

Embora já existam Corpos de Bombeiros Militares que utilizam o SINESP PPE para seus registros de ocorrências, tais dados ainda não foram incluídos na base do SINESP Integração, uma vez que os conjuntos de dados inicialmente elaborados ainda não foram atualizados para recepcionar os dados dos formulários específicos dessas corporações.

#### **1.2.4 Problema e pergunta de Pesquisa**

Conforme contextualizado, a integração de dados e informações das ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares é fundamental para retroalimentação do ciclo operacional de bombeiro, que visa a melhoria contínua das atividades da corporação. Entretanto, apesar de já terem ocorrido esforços para padronização nacional dos dados e informações de ocorrências atendidas, de existir experiências internacionais exitosas nessa área, e de termos estabelecido no Brasil um Sistema Nacional de Informações responsável por coletar, integrar e disseminar os dados de segurança pública, ainda não se tem uma solução que integre nacionalmente os dados e informações de ocorrências atendidas pelos bombeiros.

Essa ausência de integração dos dados nacionais das ocorrências dos corpos de bombeiros desencadeia uma série de problemas:

- a) Dificuldade na realização de pesquisas acadêmicas e corporativas relacionadas às ocorrências nacionais de bombeiros;

- b) Impossibilidade de estabelecimento de indicadores e metas nacionais para ocorrências de bombeiros;
- c) Impossibilidade de monitorar os incêndios e sinistros ocorridos em cada região do país, assim como as ações dos Corpos de Bombeiros Militares;
- d) Impossibilidade de criação de diagnósticos nacionais relacionados às ocorrências de bombeiros;
- e) Impossibilidade de rastrear informações sobre vítimas, equipamentos e recursos empregados nas ocorrências;
- f) Dificuldades na elaboração de políticas públicas de segurança contra incêndio e pânico baseadas em evidências;
- g) Dificuldades no estabelecimento de critérios técnicos para alocação de recursos públicos;
- h) Dificuldades nas tomadas de decisão nos níveis estratégicos, táticos e operacionais;
- i) Dificuldades em inferir problemas e ameaças futuras, por meio das tendências de comportamento.

Estes problemas serão tratados no escopo desta pesquisa como problemas de *design*, ou seja, disfuncionalidades que requerem uma solução tecnológica e que devem ser desenhadas com base em suas respostas como princípios. Já o Problema de Pesquisa em si, não resta dúvida, se concentra na **dificuldade em se integrar dados e informações de ocorrências dos corpos de bombeiros no Brasil, de forma subsidiar a melhoria contínua de suas atividades operacionais.**

A partir da definição do problema, pode ser formulada a pergunta de pesquisa do presente trabalho, sendo:

**De que forma os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil podem integrar dados e informações das ocorrências que atendem.**

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma abordagem para integração de dados e informações sobre ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar um framework teórico que relacione dados, informações e conhecimentos acerca das ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares aos processos de gestão do conhecimento para melhoria contínua do ciclo operacional de bombeiro;
- b) Identificar métodos e ferramentas para integração de dados, informações e conhecimentos;
- c) Propor um artefato para interoperabilidade semântica de dados, informações e conhecimentos de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil;
- d) Validar e avaliar o artefato proposto utilizando dados e informações reais de ocorrências e consultando especialistas.

### 1.4 DELIMITAÇÃO E LIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será delimitada no âmbito dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil. Para tanto, quando não for possível generalizar determinado assunto para todas as corporações, pelo menos duas corporações serão analisadas detalhadamente, para evidenciar as divergências conceituais e promover a discussão sobre a integração de dados e informações.

Algumas limitações são inerentes a este estudo. A primeira limitação está relacionada à variação significativa nos modelos de registro de ocorrência adotados por cada corporação de bombeiros militar no Brasil, o que pode dificultar a padronização e comparação de dados.

A segunda limitação diz respeito a vasta abrangência e complexidade do domínio de atendimento de ocorrências de bombeiros.

Assim, a pesquisa se concentrará em propor um modelo geral e desenvolver um artefato que seja parte do todo, de forma a indicar o caminho para uma generalização futura de todo o processo.

A pesquisa também não abordará aspectos técnicos para a aplicação do modelo em âmbito nacional, sendo o artefato implementado em cenários reais de pelo menos uma corporação, de forma a validar a aplicabilidade do modelo proposto.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Segundo Ackoff (1989), a sabedoria é a habilidade de projetar as consequências de um ato, avaliar cenários passados e tomar decisões acertadas para o futuro. Enquanto dados, informações e conhecimento estão relacionados ao passado, apenas a sabedoria que lida com o futuro, por incorporar as qualidades de “visão” e design.

Trazendo esta análise para o contexto desta pesquisa, para que as decisões tomadas acerca da prevenção, preparação e resposta às ocorrências de bombeiros sejam sábias, é premente a necessidade de integração dos dados e informações das ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil.

Desta forma, a relevância e justificativa desta pesquisa fundamentam-se em diversos aspectos.

No aspecto pragmático, a falta de uma solução que integre os dados e informações de ocorrências atendidas, gera lacunas significativas na capacidade de contextualizá-los, consolidá-los, condensá-los, compará-los e conectá-los. Esses processos são essenciais para permitir a compreensão dos desafios, padrões e tendências dessas ocorrências em nível nacional. O estudo visa produzir um artefato que indique claramente o caminho para alcançar esta integração.

No aspecto acadêmico, a pesquisa oferecerá uma base teórica e metodológica para a criação de artefatos que facilitam a interoperabilidade semântica entre sistemas heterogêneos. Além disso, o estudo contribuirá para a literatura sobre integração de dados em domínios complexos e distribuídos, proporcionando insights valiosos sobre os desafios e soluções potenciais para a padronização e compartilhamento de informações.

Por fim, no aspecto institucional e corporativo, a pesquisa contribuirá com a implementação do Sistema Único de Segurança Pública, fornecendo embasamento científico para a busca por soluções de integração de dados no âmbito das instituições de segurança pública.

## 1.6 ADERÊNCIA AO EGC

A presente pesquisa trata do desenvolvimento de uma abordagem para estabelecer interoperabilidade semântica dos dados e informações de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil. Segundo Pacheco (2016), a Engenharia do Conhecimento estuda o



desenvolvimento e a melhoria de métodos, técnicas e ferramentas voltados para a criação de sistemas de conhecimento. Nesse contexto, a pesquisa alinha-se aos objetivos da Engenharia do Conhecimento ao aplicar essas metodologias e ferramentas para resolver o desafio da interoperabilidade semântica, facilitando a integração e o uso eficiente das informações geradas pelos Corpos de Bombeiros Militares.

Assim, a pesquisa está inserida no Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC), especificamente na área de concentração de “Engenharia do Conhecimento”.

A linha da pesquisa pode ser identificada como “Engenharia do Conhecimento Aplicada às Organizações”, uma vez que aborda a concepção, desenvolvimento e implantação de soluções da Engenharia do Conhecimento em organizações públicas, no caso, os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil.

A integração dos dados e informações de ocorrências de bombeiros busca a criação de conhecimento a ser compartilhado e aplicado nas atividades operacionais das corporações. Esta integração possibilitará a execução de processos cognitivos para transformação de dado e informação em conhecimento, gerando significado e valor para sociedade e permitindo a melhoria contínua da atuação operacional das corporações.

A pesquisa se enquadra no contexto do grupo de pesquisa "StudioKEM - Modelos e Sistemas Computacionais em Engenharia e Gestão do Conhecimento" dentro do PPGEGC. O StudioKEM foca na exploração de métodos, tecnologias e ferramentas voltadas para o desenvolvimento de modelos e sistemas computacionais, sempre com o suporte da engenharia e da gestão do conhecimento. Ao desenvolver uma abordagem para a interoperabilidade semântica dos dados de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil, esta pesquisa contribui diretamente para os objetivos e temas investigados pelo grupo.

A pesquisa adotou a visão de mundo cognitivista sobre o conhecimento, conforme indicado por Pacheco (2016), em que reconhece o conhecimento como processo e produto da relação entre pessoas e agentes não humanos para a geração de valor, que é a mesma visão adotada no EGC, especialmente na área de concentração da Engenharia do Conhecimento.

No histórico do EGC, foram encontradas 06 (seis) dissertações de mestrado que guardam afinidade com o tema deste trabalho. No Quadro 1, a seguir, estão destacados os trabalhos considerados de contexto mais próximo ao desta dissertação.

Quadro 1 - Referências encontradas no banco de dados do PPEGC sobre Integração de Dados e Ontologia

<b>Título da Dissertação</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>Principais Resultados</b>
Uma ontologia para publicação de dados abertos governamentais (PEREIRA, 2017)	“propor uma ontologia de domínio (OGDPub) que apoie a publicação de dados abertos governamentais publicados por municípios brasileiros.”	“acredita-se que a OGDPub colabore para que os dados governamentais oriundos de municípios brasileiros sejam disponibilizados ao público em formato aberto e que seu uso seja facilitado”
Uma Proposta de Modelo Conceitual para Uso de Big Data E Open Data para Smart Cities. (KLEIN, 2016)	“identificar as principais fontes de dados e suas características, e interliga-las às necessidades das smart cities”	“Foi desenvolvida uma proposta de modelo conceitual para smart cities, que utiliza big data e open data como fonte de dados.”
Padrão de projeto de ontologias para inclusão de referências do novo serviço público em plataformas de governo aberto (SALM JUNIOR, 2012)	“definir um padrão de projeto de ontologia do tipo conteúdos, para incluir referências do Novo Serviço Público em projetos de governo aberto.”	“criação de um padrão de projeto de ontologias e sua aplicação na fase de conceitualização de um projeto de plataforma de governo eletrônico aberto. O padrão proposto foi aplicado em um projeto brasileiro de governo aberto, tendo-se verificado a aplicação resultou em características associadas ao NSP ao projeto”
Concepção, implementação e validação de um enfoque para integração e recuperação de conhecimento distribuído em bases de dados heterogêneas. (CABRAL, 2010)	“propor um sistema que efetua integração do conhecimento de bases de dados em contexto genérico, utilizando como estudo de caso o atendimento emergencial no CIT – Centro de Informações Toxicológicas de Santa Catarina”	“Foram avaliadas – através de uma revisão sistemática da literatura – as melhores opções disponibilizadas por estudos prévios em pesquisas realizadas nestas áreas a fim de encontrar a melhor combinação a ser utilizada no mecanismo, além da análise do produto final em um comparativo feito entre mecanismos previamente utilizados pelos profissionais no atendimento de urgência.”
Governo Eletrônico na Segurança Pública: Construção de um Sistema Nacional de Conhecimento (SILVA, 2009)	“propor ao gestor público um modelo tecnológico de gestão do conhecimento com adoção de tecnologias da informação e comunicação para subsidiar a tomada de decisão frente ao problema da criminalidade”	“Tendo como atributo a interoperabilidade dos sistemas dos órgãos públicos e a integração das informações em várias escalas de governo, as bases de conhecimento desenvolvidas nos níveis federal, estadual, setorial e municipal vão produzir conhecimento para os níveis estratégico, tático e operacional das instituições.”

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

## 1.7 ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS

Este trabalho de dissertação está estruturado em seis capítulos. No primeiro capítulo são apresentadas a introdução, motivação do trabalho, contextualização do problema de pesquisa, descrição do objetivo geral e dos objetivos específicos. Em sequência estão a delimitação e limitação da pesquisa, a justificativa e a aderência ao Programa de Pós-Graduação

de Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina – PPGEGC/UFSC e, pôr fim, a organização dos capítulos.

O segundo capítulo é contemplado pela descrição da atuação operacional dos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil, bem como os dados, as informações e conhecimentos que estão associados a essa atuação.

No terceiro capítulo é feita uma revisão sobre as tecnologias utilizadas para integração e interoperabilidade de sistemas, sendo detalhado o papel das ontologias para a finalidade de consenso semântico na representação do conhecimento.

A metodologia e procedimentos de pesquisa são descritos no capítulo quatro. O capítulo cinco descreve a proposta deste trabalho de pesquisa e o capítulo seis apresenta a validação e avaliação do artefato produzido. Por fim, no capítulo sete está descrita a conclusão, considerações finais e possibilidades de trabalhos futuros.

## **2 A ATUAÇÃO OPERACIONAL DOS CORPOS DE BOMBEIROS MILITARES NO BRASIL E AS INFORMAÇÕES E CONHECIMENTOS GERADOS**

Compreender a atuação operacional dos bombeiros em sua essência é fundamental para identificar os dados e informações gerados e que podem ser registrados durante suas atividades.

Embora as legislações correlatas estabeleçam de forma genérica as responsabilidades dos CBMs, uma análise aprofundada é necessária para entender a totalidade das atividades desenvolvidas por essas instituições.

Este capítulo está estruturado para fornecer uma visão geral da atuação dos CBMs, explorando como as suas atividades operacionais se interrelacionam com os processos de gestão de conhecimento e de melhoria contínua da corporação.

### **2.1 BREVE HISTÓRICO DA ORIGEM DOS CORPOS DE BOMBEIROS NO BRASIL E NO MUNDO**

A atividade organizada de controle de incêndios teve origem na Grécia e Roma antigas, onde sentinelas vigiavam a cidade e soavam alarmes em caso de incêndio. Neste período histórico, a própria comunidade, de forma organizada, utilizava baldes de água, que passavam de mãos em mãos, a partir de um rio ou poço até o local das chamas (OLIVEIRA, 2016).

Evidências demonstram que um dos primeiros corpos formados oficialmente para realizar a função de vigilância dos incêndios na cidade foram os *Vigiles*, criado pelo imperador César Augusto após um grande incêndio em Roma no ano 22 a.c. Aos poucos, além dos incêndios, outras atividades, como o salvamento, foram sendo incorporadas e as organizações foram se estruturando em funções e papéis hierarquizados, aos moldes do militarismo (FARIAS, 2022; OLIVEIRA, 2016; CORREA, 2021).

Na idade moderna, um embrião para a criação das corporações de bombeiros aos moldes atuais foi o grande incêndio de Londres ocorrido em 1666, que destruiu em torno de 13 mil casas, 90 igrejas e vários edifícios públicos, com mais de 100 mil pessoas desabrigadas. A partir disso, as companhias de seguros começaram a criar brigadas de incêndio para proteção das cidades (CORREA, 2021; JUNIOR, 2018).

Foi nesta época também que a tecnologia de combate a incêndios deu um salto com a criação do primeiro carro de incêndio idealizado por John Lofting (1659-1742) que o patenteou

como “o Mágico Carro de Chuva”, em 1690. O carro contava com uma bomba de água mecânica. Além disso também foram desenvolvidas as mangueiras fabricadas em couro com junções em cobre, que permitia técnicas de combate com jatos de água em diferentes direções, aos moldes executados até hoje. A tecnologia e as técnicas com a bomba hidráulica em conjunto com as mangueiras influenciaram, inclusive, na designação dos combatentes contra incêndio - Bombeiro - aquele que utiliza bombas (JUNIOR, 2018).

Nos Estados Unidos, influenciado pelo velho continente e também por tragédias locais, foi criado em 1678 o primeiro departamento de incêndio na cidade de Boston (BOSTON, 2023; JUNIOR, 2018).

Mesmo com todo este histórico de estruturação das atividades, das tecnologias, das técnicas e das organizações de bombeiros, segundo Oliveira (2016) e Junior (2018), foi somente no século XVIII que foi criado em Paris, na França, por Napoleão Bonaparte, os primeiros bombeiros “profissionais” do estado, militares do exército, com 60 guarda-bombas, devidamente uniformizados, submetidos à hierarquia militar e devidamente remunerados, estrutura essa que é semelhante à utilizada até hoje por muitos corpos de bombeiros pelo mundo, inclusive no Brasil.

Junior (2018), ao analisar os históricos de criação de corpos de bombeiros pelo mundo conclui que estas corporações surgiram pelo mundo a partir da necessidade da sociedade em debelar incêndios, especialmente após a ocorrência de alguma grande tragédia envolvendo o fogo e a destruição provocada por ele.

No Brasil, a criação oficial do primeiro Corpo de Bombeiros se deu em 02 de julho de 1856, por meio do Decreto Imperial nº 1755, do Imperador D. Pedro II, que estabelecia o Corpo Provisório de Bombeiros da Corte, cuja função precípua era o controle e combate à incêndios e realização de salvamentos nesses eventos. Em 1880 a Corporação passou a ter organização militar, com nomenclaturas de postos e insígnias e estrutura funcional baseada na hierarquia (OLIVEIRA, 2016).

A origem do Corpo Provisório de Bombeiros da Corte coincide com a origem dos Corpos de Bombeiros do Rio de Janeiro e do Distrito Federal, criados de forma autônoma e com estrutura militar própria. Nos demais 25 estados da Federação, a origem de cada corporação de bombeiro dispõe de uma história própria, tendo em comum o fato de terem sido criados, ou, se tornando em algum momento, vinculados às respectivas polícias militares dos

Estados (GOIÁS, 2016; CORREA, 2021; SENTONE, 2022, COSTA, 2008, JUNIOR, 2018, OLIVEIRA 2016; FARIAS, 2022).

Com a promulgação da Constituição Federal de 1988 no Brasil, os Corpos de Bombeiros vinculados às Polícias Militares, tiveram autonomia para serem emancipados, permanecendo como organização militar e como força auxiliar do exército. Atualmente, apenas o Corpo de Bombeiros de São Paulo ainda é vinculado à Polícia Militar (SENTONE, 2022).

## 2.2 ORGANIZAÇÃO DOS CORPOS DE BOMBEIROS

Costa (2008) fez um estudo sobre como os Corpos de Bombeiros são organizados no mundo, categorizando-os em militares (bombeiros militares, bombeiros de polícias militares, ou bombeiros das forças armadas), profissionais (públicos ou privados), voluntários, policiais (bombeiros de polícias civis ou federais) e mistos (parte voluntária e parte profissional).

Todas essas categorias encontradas no cenário mundial demonstram um pouco a diversidade na organização dos corpos de bombeiros. Além disso, o autor identifica que em todos os países estudados (Brasil, Chile, Argentina, França, Portugal, Itália, Estados Unidos e Japão) coexistem mais de uma categoria de organização dos bombeiros, como no caso do Brasil, que possui bombeiros militares, profissionais e voluntários (COSTA, 2008).

Oliveira (2016) também identifica que os bombeiros profissionais privados ou voluntários coexistem com os bombeiros militares, policiais ou profissionais públicos em praticamente todos os países do mundo, existindo ainda uma necessária tendência de profissionalização e especialização.

No Brasil, embora coexistam os bombeiros militares, bombeiros voluntários e civis, há uma predominância, tanto formal como estrutural, dos Corpos de Bombeiros Militares, que possuem a prerrogativa constitucional de atuação (COSTA, 2008). Isto ocorre pela própria previsão de atribuições na Constituição Federal.

A Carta Magna de 1988 estabelece em seu artigo 144, inciso V, que as Polícias Militares e os Corpos de Bombeiros Militares dos Estados são órgãos para o exercício da Segurança Pública, conforme se vê:

Art. 144. A segurança pública, dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, é exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, através dos seguintes órgãos:

- I - polícia federal;
- II - polícia rodoviária federal;
- III - polícia ferroviária federal;
- IV - polícias civis;
- V - polícias militares e corpos de bombeiros militares. [Grifo nosso]
- [...]

### 2.3 ATIVIDADES E ATRIBUIÇÕES DOS CORPOS DE BOMBEIROS

A distinção histórica do surgimento dos corpos de bombeiros influencia não só sua categorização organizacional em cada país, como também seu *modus operandi* (técnicas e tecnologias) e atribuições específicas.

De um modo geral, os corpos de bombeiros surgiram, (e se mantêm até hoje) com a função precípua de realizar combate a incêndios e salvamentos (FARIAS, 2022). Entretanto, suas funções têm evoluído ao longo do tempo e variam de acordo com as regiões e necessidades específicas de cada país.

Como exemplo, Castro (2019) e Farias (2019) fazem uma análise da atividade de mergulho que é realizada pelos bombeiros para resgate de vítimas e até mesmo na busca por corpos e bens. Já os autores Oliveira (2020), Filho (2015), Demarchi (2021) e Kretzer e Massarani (2018) estudaram novas tecnologias para o aperfeiçoamento da atividade de salvamento aquático.

Na área de prevenção e perícia de incêndios, Lugon (2018) estudou como a atividade de perícia de incêndio pode influenciar a criação de normas para prevenção contra incêndio.

Pena (2012), ao tratar do alargamento das missões dos corpos de bombeiros, destaca a prevenção em proteção social, sobretudo no que tange aproximação da corporação junto à sociedade e uso de *soft skills* para engajamento social como forma de proporcionar segurança às pessoas, ao ambiente e aos bens.

De um modo geral, é possível listar algumas das principais atribuições dos corpos de bombeiros, cujo detalhamento será foco deste estudo nas seções seguintes:

- a) Prevenção, combate e perícia em incêndios: É a função precípua dos corpos de bombeiros, que consiste em prevenir e combater incêndios diversos (em edificações, em vegetações, em veículos, etc) e salvaguardar vidas e bens durante emergências relacionadas ao fogo. Isto consiste em criar normas de prevenção contra incêndio; promover conscientização pública sobre o tema; fiscalizar as

- normas de prevenção; controlar incêndios; limitar propagação; buscar e resgatar vítimas. etc (MORAIS, 2004; COELHO, FERREIRA, 2019; LUGON, 2018),
- b) Busca e salvamento: Os bombeiros são responsáveis direto pelo resgate em acidentes automobilísticos, colapsos estruturais, desastres naturais, deslizamentos de terras, pessoas desaparecidas, resgate em locais de difícil acesso e espaços confinados e isto ainda inclui resgate de animais, cortes de árvores, etc (CAMPOS, 2016; SILVA, 2021; GOMES, MARQUES, 2022; BABEL, PARIZOTTO, 2019).
- c) Busca e salvamento aquático: considerando a grande quantidade de área costeiras, rios e lagos, os bombeiros no Brasil também são responsáveis pela prevenção e resgate de pessoas nestes ambientes, inclusive com a realização de mergulho para recuperação de corpos e bens (CASTRO, 2019; FARIAS, 2019; OLIVEIRA, 2020; FILHO, CRUZ, 2015; DEMARCHI, 2021; KRETZER; MASSARANI, 2018)
- d) Resposta a ocorrências envolvendo produtos perigosos: Os bombeiros também são acionados em caso de vazamentos de produtos químicos, tóxicos, biológicos, radiológicos, entre outros riscos com materiais perigosos para responder e mitigar os riscos (LEAL; NARDOCCI, 2006; CARVALHO, LIRA, 2017) .
- e) Atendimento pré-hospitalar: Especificamente no Brasil, a atividade de Atendimento Pré-Hospitalar foi originada e ainda é exercida pelos bombeiros (hoje, também com a participação de outros órgãos como o SAMU) (LOPES, FERNANDES, 1999; MINAYO, DESLANDES, 2008)
- f) Gestão de riscos e desastres: Também especificamente no Brasil, e por força de determinação constitucional, os bombeiros são responsáveis pela coordenação das atividades de defesa civil. O nível de engajamento varia de estado para estado, atuando em todo o ciclo de defesa civil em alguns estados e, em outros, apenas na fase de resposta (LOBO, 2009; WOLKMER, 2014).

No Brasil, a Constituição Federal estabelece a seguinte atribuição aos Corpos de Bombeiros Militares no parágrafo 5º do Art. 144.



§ 5º Às polícias militares cabem a polícia ostensiva e a preservação da ordem pública; aos corpos de bombeiros militares, além das atribuições definidas em lei, incumbe a execução de atividades de defesa civil.

Percebe-se que o constituinte federal deixou a cargo da lei estabelecer as atribuições específicas dos Corpos de Bombeiros Militares.

Recentemente, em 2023, foi sancionada pelo Presidente da República a Lei 14.751 de 2023, que institui a Lei Orgânica Nacional das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios, nos termos do inciso XXI do caput do art. 22 da Constituição Federal.

A Lei Orgânica apresenta em 26 incisos do Art. 6º as competências dos corpos de bombeiros militares, entre elas, as ações de busca, salvamento e resgate e, privativamente, as ações de prevenção, combate e perícia administrativa de incêndios

A extensão das missões dessas corporações ocorre, principalmente, através das Constituições Estaduais e das Leis Estaduais de Organização Básica das respectivas instituições. A título de exemplo, apresenta-se abaixo as atribuições previstas nas Constituições Estaduais do Espírito Santo, Santa Catarina, Goiás, Pará e Alagoas, de forma a representar todas as regiões do País.

Art. 130 À Polícia Militar compete, com exclusividade, a polícia ostensiva e a preservação da ordem pública, e ao Corpo de Bombeiros Militar, a coordenação e execução de ações de defesa civil, prevenção e combate a incêndios, perícias de incêndios e explosões em local de sinistros, busca e salvamento, elaboração de normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndios e pânico, e outras previstas em lei (ESPÍRITO SANTO, 1989).

Art. 108. O Corpo de Bombeiros Militar, órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina, subordinado ao Governador do Estado, cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em lei: I - realizar os serviços de prevenção de sinistros ou catástrofes, de combate a incêndio e de busca e salvamento de pessoas e bens e o atendimento pré-hospitalar; EC nº 33 – Capítulo III-A (AC) - 100 - II - estabelecer normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio, catástrofe ou produtos perigosos; III - analisar, previamente, os projetos de segurança contra incêndio em edificações, contra sinistros em áreas de risco e de armazenagem, manipulação e transporte de produtos perigosos, acompanhar e fiscalizar sua execução, e impor sanções administrativas estabelecidas em lei; IV - realizar perícias de incêndio e de áreas sinistradas no limite de sua competência; V - colaborar com os órgãos da defesa civil; VI - exercer a polícia judiciária militar, nos termos de lei federal; VII - estabelecer a prevenção balneária por salva-vidas; e VIII - prevenir acidentes e incêndios na orla marítima e fluvial (SANTA CATARINA, 1989).

Art. 125. O Corpo de Bombeiros Militar é instituição permanente, organizada com base na hierarquia e na disciplina, cabendo-lhe, entre outras, as seguintes atribuições: I - a execução de atividades de defesa civil; II - a prevenção e o combate a incêndios e a situações de pânico, assim como ações de busca e salvamento de pessoas e bens; III - o desenvolvimento de atividades educativas relacionadas com a defesa civil e a prevenção de incêndio e pânico; IV - a análise de projetos e inspeção de instalações preventivas de proteção contra incêndio e pânico nas edificações, para fins de funcionamento, observadas as normas técnicas pertinentes e ressalvada a competência municipal definida no Art. 64, incisos V e VI, e no art. 69, inciso VIII, desta Constituição (GOIAS, 1989).

Art. 200. O Corpo de Bombeiros Militar é instituição permanente, força auxiliar e reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina militares, subordinando-se ao Governador do Estado e competindo-lhe, dentre outras atribuições previstas em lei, executar: I - serviço de prevenção e extinção de incêndios, de proteção, busca e salvamento; II - socorro de emergência; III - perícia em local de incêndio; IV - proteção balneária por guarda-vidas; V - prevenção de acidentes e incêndios na orla marítima e fluvial; VI - proteção e prevenção contra incêndio florestal; VII - atividades de defesa civil, inclusive planejamento e coordenação das mesmas; VIII - atividades técnico-científicas inerentes ao seu campo de atuação (PARÁ, 1989).

§ 4º O Corpo de Bombeiros Militar é instituição permanente, força auxiliar e reserva do Exército, organizada segundo hierarquia e disciplina militares e subordinada ao Governador do Estado, competindo-lhe as atividades de prevenção e extinção de incêndios, de proteção, busca e salvamento e de defesa civil, além de outras estabelecidas em Lei.

Ao analisar os exemplos de textos das constituições estaduais, percebe-se que alguns estados foram mais genéricos a descrever apenas a natureza de mais alto nível de cada atividade, como no caso da Constituição do Estado do Espírito Santo, enquanto outros, como no Estado de Santa Catarina, foram mais detalhistas no estabelecimento dos tipos de atividades desenvolvidas.

Conclui-se que, embora não exista uma padronização na descrição das atribuições dos Corpos de Bombeiros Militares pelas constituições estaduais, de uma maneira geral elas contêm ou estão contidas no grupo de atividades encontrados na literatura a apresentado acima como atividades historicamente realizadas pelos bombeiros, quais sejam: prevenção (atividades técnicas de normatização e fiscalização, bem como prevenção propriamente dita), combate e perícia em incêndios e explosões; busca e salvamento em geral; ocorrências envolvendo produtos perigosos; atendimento pré-hospitalar; atividades de defesa civil e; atividades assistenciais de proteção.

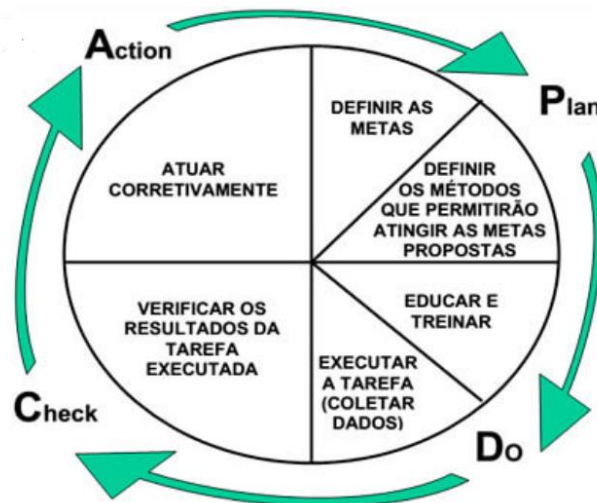
## 2.4 CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIRO

O Ciclo Operacional de Bombeiro, embora pouco descrito formalmente em literatura regular ou científica, segundo Vidal (2007), é uma doutrina introduzida nos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil na década de 70 pela Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA), que veio ao país àquela época para o intercâmbio de conhecimento entre os bombeiros japoneses e brasileiros.

A doutrina consiste em uma sequência de atividades para implementação de medidas de segurança contra incêndio e pânico e é baseada no Ciclo de Melhoria Contínua, ou mais conhecido como Ciclo PDCA desenvolvido por Shewhart nos anos 30 e aprimorado por Deming na década de 1950, que desempenhou um papel significativo para disseminação de conceitos de Qualidade Total no Japão (RODRIGUES, 2016).

O Ciclo PDCA, representado na Figura 2, foi desenvolvido como uma abordagem sistemática e cíclica para a melhoria de processos e sistemas, enfatizando a importância de planejar (*plan*), executar (*do*), verificar (*check*) e agir (*act*), de forma que cada atividade produz insumos para atividade seguinte, sempre retroalimentando o sistema em busca da melhoria contínua (PACHECO *et al*, 2012).

Figura 2– Ciclo PDCA



Fonte: Pacheco *et al* (2012)

Werkema (1995) explica que quando se quer manter os resultados em certo nível desejado (controle) ou atingir metas padronizadas (correção), o ciclo é adaptado para SDCA, em que “S”, de Standard (meta padrão) substitui o Planejamento. Para o autor, além da meta padrão, deve ser estabelecido nesta fase os procedimentos operacionais padrão que precisam ser repetidos para o atendimento da meta desejada.

De forma análoga ao PDCA, e a sua versão adaptada SDCA, o Ciclo Operacional de Bombeiro também é composto por fases que se retroalimentam: Preventiva (ou normativa), Passiva (ou Estrutural), Ativa (ou de Combate); Investigativa (ou pericial) e Estratégica (ou de planejamento), conforme aponta Palhano (2020).

É importante destacar que não há um consenso sobre o nome de todas as fases e suas características entre os autores, assim como quanto a sua adequada correspondência com o Ciclo PDCA. Rodrigues (2016) e Lugon (2018) não incluíram a fase estratégica como pertencente ao ciclo operacional, mas justificam que, desse modo, o ciclo não está completo, uma vez que lhe faltaria a fase de correção dos aspectos verificados na fase investigativa. Para completar o ciclo, seria necessário a inclusão de uma fase Corretiva.

Já Ribeiro e Camilo (2021), sugerem o que é proposto por Palhano (2020), com a inclusão da fase Estratégica no ciclo, entendendo que a tomada de decisão sobre a correção de procedimentos é uma decisão estratégica.

Considerando que o presente trabalho privilegia uma interpretação ampla do Ciclo Operacional de Bombeiros, para abarcar todas as atividades operacionais executadas pela Corporação, adaptamos o ciclo sob a ótica de Palhano (2020) e Ribeiro e Camilo (2021), conforme Figura 3 abaixo:

Figura 3 – Ciclo Operacional de Bombeiro



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

#### 2.4.1 Fase normativa ou preventiva

De acordo com o Plano de Preparo do CBMDF (2012), a fase preventiva tem como objetivo evitar a ocorrência de sinistros por meio da elaboração e implementação de normas de segurança contra incêndio e pânico.

De acordo com Maus (2005), nesta fase são prescritas as medidas de segurança contra incêndio que serão exigidas na fase de fiscalização, a ser realizada na fase seguinte.

Conforme observado por Lugon (2018) e por Ribeiro e Camilo (2021), os Corpos de Bombeiros Militares realizam outros serviços que vão além da Segurança Contra Incêndio e Pânico.

Embora alguns autores, como o próprio Lugon (2018), sugere que o nome do ciclo seja modificado para abarcar apenas a atividade de segurança contra incêndio, a interpretação ampla

requer considerar o Ciclo Operacional de toda corporação, devendo ser incluídas nesta fase preventiva outras atividades, como as campanhas de conscientização, voltadas para públicos específicos com o objetivo de prevenir que incidentes ocorram, bem como a elaboração dos procedimentos operacionais padrão para a atuação operacional dos bombeiros, de acordo com as melhores técnicas e tecnologias disponíveis.

#### **2.4.2 Fase passiva ou estrutural**

De acordo com o CBMDF (2012), na fase passiva acontece a implementação da segurança contra incêndio em edificações, de forma que as prescrições estabelecidas nas normas se concretizam nos projetos, e na execução das obras.

Segundo Rodrigues (2016), nessa etapa, todas as medidas de Segurança Contra Incêndio e Pânico (SCIP) planejadas na fase normativa são obrigatoriamente implementadas, tanto para edifícios novos quanto para aqueles já existentes.

Na fase passiva, os Corpos de Bombeiros Militares desempenham procedimentos administrativos, como análise, vistoria e fiscalização, visando à emissão das licenças de Segurança Contra Incêndio e Pânico. Isso assegura que as edificações atendam aos requisitos estabelecidos para a segurança contra incêndios (Maus 2005).

Além disso, o ensino e o treinamento dos recursos humanos envolvidos em diversas atividades, incluindo projetistas, brigadistas de incêndio, bombeiros militares e usuários, devem ser realizados durante esta fase. A capacitação é fundamental para garantir a correta implementação e manutenção das medidas de SCIP (Rodrigues, 2016).

E novamente seguindo uma interpretação ampla do Ciclo Operacional, nesta fase também é realizada a preparação e gestão dos recursos operacionais dos Corpos de Bombeiros para sua atuação na próxima fase - ativa ou de combate. Desta forma, é ainda na fase passiva que é executada o plano de articulação operacional, definindo a alocação de quartéis, unidades, efetivos e viaturas, é realizada a aquisição de equipamentos e tecnologias de combate a incêndios, bem como é feito o treinamento das técnicas e procedimentos previamente padronizados.

### **2.4.3 Fase ativa ou de combate**

Esta é a fase que corresponde ao serviço emergencial prestado pelos Corpos de Bombeiros Militares para extinção de incêndios, realização de salvamentos, resgate de vítimas, entre outras atribuições emergenciais (Lugon, 2018; CBMDF, 2012).

O início desta fase ocorre quando as ações realizadas nas fases preventiva e passiva não forem suficientes para evitar que um sinistro ocorra (RODRIGUES, 2016).

A forma de atuação das equipes operacionais dos corpos de bombeiros, incluindo efetivo, equipamentos, treinamento, depende diretamente da preparação realizada nas fases anteriores (preventiva e passiva), para que os danos do sinistro eclodido sejam minimizados (RIBEIRO E CAMILO, 2021).

De acordo com Rodrigues (2016), nesta fase devem existir mecanismos de registros para permitir a posterior aferição da eficácia dos sistemas de prevenção contra incêndio e das equipes de socorro. O autor explica que. Esses registros devem seguir um formato padronizado e fornecer informações técnicas detalhadas sobre os incidentes, como a natureza das atividades realizadas no edifício, os danos resultantes, a condição dos sistemas (se estão funcionando adequadamente ou não) e os procedimentos adotados, entre outros aspectos.

Este ponto é de significativa importância para esta pesquisa. Pois para que os dados registrados durante o atendimento de uma ocorrência possam ser recuperados de forma a produzir conhecimento útil e apoiar em posteriores tomadas de decisão, conforme destacado por Rodrigues (2016), é necessário a existência de uma padronização semântica de parâmetros.

### **2.4.4 Fase investigativa (pericial)**

Após a fase ativa, a próxima fase é a investigativa, que tem como objetivo esclarecer as causas subjacentes do surgimento do sinistro e promover a retroalimentação das informações para fornecer subsídios para melhoria das outras fases do ciclo operacional (PALHANO, 2020).

Para Lugon (2018), nessa fase é realizada a perícia de incêndio, que visa esclarecer as causas do incêndio, seu processo de desenvolvimento, propagação e os fenômenos a ele relacionados, bem como suas consequências e a eficácia das medidas de segurança contra incêndio implementadas nas edificações.

Entretanto, novamente estendendo a interpretação para além do tema específico de segurança contra incêndio, tem-se que na fase investigativa podem ser realizados quaisquer estudos e análise de dados e informações geradas e registradas na fase ativa, visando subsidiar as tomadas de decisão nas fases seguintes.

#### 2.4.5 Fase estratégica

Por último, indicado por Palhano (2020) e sugerido por Ribeiro e Camilo (2021), a fase Estratégica, mesmo não estando presente em todas as versões encontradas sobre o Ciclo Operacional de Bombeiro, é fundamental para realizar a correspondência com o ciclo PDCA (ou SDCA), isto porque é nesta fase que os estudos realizados na fase investigativa são avaliados e decisões são tomadas para melhorar processos e procedimentos nas demais fases do ciclo. Para Ribeiro e Camilo (2021), essa tomada de decisão configura competência de nível estratégico da corporação, o que justifica a inclusão da fase no ciclo operacional completo.

Conforme apresentado no Quadro 2, Ribeiro e Camilo (2021) ainda sugerem as seguintes correspondências entre o Ciclo PDCA e o Ciclo Operacional de Bombeiro, devidamente adaptadas ao ciclo amplo, envolvendo as diversas atividades operacionais dos corpos de bombeiros:

Quadro 2 - Correspondência entre o ciclo PDCA e o Ciclo Operacional de Bombeiro

Ciclo PDCA ou SDCA	Ciclo Operacional de Bombeiro	
Plan ou standart (planejar ou padronizar)	Preventiva ou Normativa	Normas de segurança contra incêndio; Procedimentos Operacionais Padrões; Campanhas preventivas;
Do (fazer)	Passiva ou Estrutural	Execução e fiscalização de medidas de segurança contra incêndio; Articulação de recursos operacionais; Treinamento; Aquisição de equipamentos.
	Ativa ou de Combate	Combate e controle a incêndios; Atendimento pré-hospitalar; Busca e salvamento; Ocorrências envolvendo produtos perigosos; Gestão de riscos e desastres.
Check (checar)	Investigativa ou Pericial	Perícias de incêndios; Levantamento e análise de dados e informações; Produção de conhecimento.



Act (agir)	Estratégica	Avaliação e tomada de decisão.
------------	-------------	--------------------------------

Fonte: Ribeiro e Camilo (2021), adaptado pelo autor

## 2.5 DADOS, INFORMAÇÕES E CONHECIMENTOS NO CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIRO

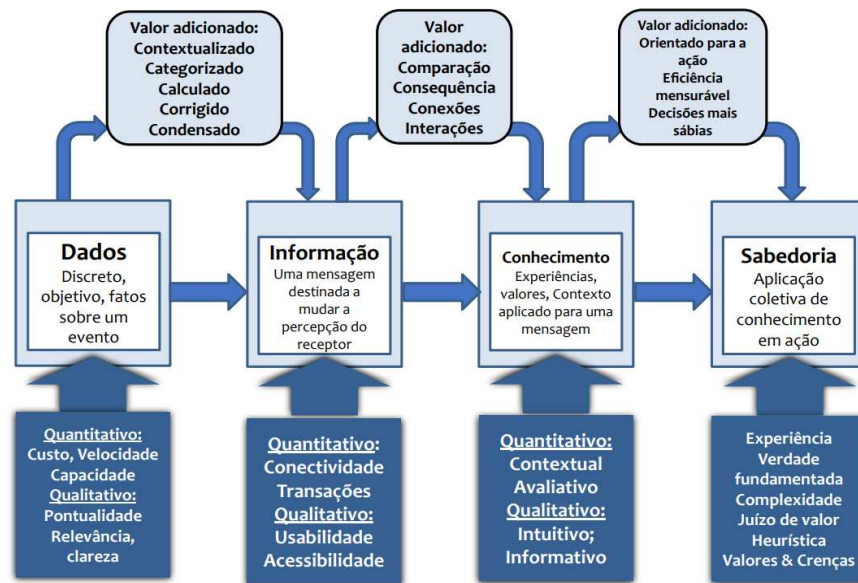
Diversos autores adotam uma abordagem de relação hierárquica entre dados, informação, conhecimento e sabedoria, formando a denominada abordagem hierárquica DIKW, também conhecida como "pirâmide do conhecimento" ou "pirâmide da sabedoria" (SANTOS; SOUZA; 2010).

Ackoff (1989) conceitua estes constructos da seguinte forma: os dados são símbolos que representam objetos e eventos; a informação é a resultante do processamento dos dados para torná-los úteis; o conhecimento é a informação processada para responder a perguntas sobre como realizar tarefas; e a sabedoria, por sua vez, está relacionada à eficácia e envolve valores e julgamento humanos.

Rowley (2007), ao revisitar esse tema, analisou diferentes perspectivas para esclarecer os conceitos e os processos de transformação associados à transição entre os níveis na hierarquia do conhecimento. O autor destaca que, embora haja consenso nas definições conceituais dos constructos “dados”, “informação” e “conhecimento”, o mesmo não ocorre quanto aos processos de transformação de “dados” em “informações”, de “informações” em “conhecimento” e de “conhecimento” em “sabedoria”.

Respeitando as divergências conceituais, Santos e Rados (2022), ensinam que à medida que acrescentamos mais valor aos dados, nos aproximamos da sabedoria. E esta agregação de valor ocorre por meio dos processos de transformação em cada nível da pirâmide do conhecimento. Os autores elaboraram o diagrama apresentado na Figura 4 para explicar este processo de agregação de valor na pirâmide do conhecimento.

Figura 4 - Processos de transformação na pirâmide do conhecimento



Fonte: Santos e Rados (2022)

Desta forma, na fase ativa do ciclo operacional de bombeiro, os dados são percebidos tanto com relação ao fenômeno (que pode ser um incêndio, uma inundação, um acidente veicular) tanto em relação à intervenção realizada pelos bombeiros militares (extinção do incêndio, busca e salvamento, uso de equipamentos, etc).

Esses dados percebidos são registrados nos Relatórios de Ocorrência e, por meio da contextualização, consolidação, categorização, cálculo e correção dos dados, são elevados ao nível de informação. Portanto, em um único Relatório de Ocorrência, já é possível produzir informação, relacionando os dados do fenômeno e os dados da intervenção.

A informação, por sua vez, atinge o nível de conhecimento quando é comparada e estabelecem-se conexões e interações entre elas. Desta forma, ao integrar dados de diversos relatórios de ocorrências em caráter nacional, é possível comparar, analisar e criar conexões entre as informações constantes, e assim, produz-se conhecimento acerca dos fenômenos e da intervenção do Bombeiro Militar, o que pode ser bem acomodado na fase investigativa do ciclo operacional de bombeiro.

Por fim, para que o conhecimento gerado alcance o patamar da sabedoria, é necessário um processo de orientação valorada para a ação. Isso é fundamental para que as decisões tomadas sejam melhores, assim, se alcance o mais alto patamar na pirâmide do conhecimento.

Isto é exatamente o que deve ocorrer na fase Estratégica do Ciclo Operacional de Bombeiros, em que o Comando da Corporação, em seus diversos níveis, pode tomar a decisão acerca das correções e ajustes das demais fases com base nos conhecimentos produzidos.

## 2.6 PROCESSOS DE GESTÃO DE CONHECIMENTO APLICADOS NO CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIRO

Embora esta pesquisa se concentre na área da Engenharia do Conhecimento, ela utiliza como base fundamentos da Gestão do Conhecimento (GC), uma vez que a finalidade da aplicação de integração de dados e informações dos corpos de bombeiros é a criação, compartilhamento e aplicação do conhecimento para promover a melhoria contínua organizacional.

Segundo a *Asian Productivity Organization* (APO, 2009), a “GC é uma abordagem integrada de criação, compartilhamento e aplicação de conhecimento para aumentar a produtividade, lucratividade e crescimento organizacional.”

Pacheco (2016) discute que na Engenharia do Conhecimento, são tratados, principalmente, os processos de modelagem, representação, armazenamento, recuperação e criação do conhecimento. Já a Gestão do Conhecimento, trata de forma sistêmica de todo o ciclo do conhecimento.

Bergeron (2003) descreve os Processos de GC como um ciclo de etapas interconectadas, que varia de acordo com fatores como tecnologias e aspectos intra-organizacionais e interorganizacionais.

Segundo a APO (2009), os processos de GC se desenvolvem de forma cíclica em cinco etapas: Identificação, criação, armazenamento, compartilhamento e aplicação dos conhecimentos, conforme Figura 5.

A identificação de conhecimentos é a etapa inicial do processo de GC, onde se diagnostica quais conhecimentos críticos são necessários para desenvolver as competências essenciais da organização e onde se identificam as lacunas de conhecimento. As organizações refletem sobre os objetivos e o conhecimento necessário, usando objetivos estratégicos e expectativas dos stakeholders como referências (SANTOS; RADOS, 2020).

Figura 5- Processos de Gestão do Conhecimento



Fonte: Santos; Rados (2020)

A criação de conhecimentos ocorre através da aprendizagem e da integração de diferentes conhecimentos existentes. Este processo pode envolver reorganização de conhecimentos prévios, combinação de informações relevantes ou insights sobre novos contextos. Novas ideias e processos surgem de situações de resolução de problemas, eliminando lacunas de conhecimento em níveis individual, de equipe e organizacional. (SANTOS; RADOS, 2022).

O armazenamento de conhecimentos envolve a captura e organização do conhecimento em repositórios estruturados para fácil acesso e transferência. Sistemas de memória organizacional permitem a recuperação futura de experiências e percepções. (SANTOS; RADOS, 2020; APO, 2009).

Compartilhar conhecimentos é o processo de transferir informações e insights para facilitar a compreensão. Envolve aprendizagem aprofundada, não apenas comunicação simples. A confiança e o benefício mútuo são essenciais, com a tecnologia como facilitadora. O compartilhamento pode ocorrer através de métodos de armazenamento ou diretamente entre pessoas (SANTOS; RADOS, 2020; APO, 2009).

E finalmente, aplicar conhecimentos significa integrar efetivamente o conhecimento nas atividades diárias, transformando-o em ação ou decisão. Este passo garante que o conhecimento agrega valor ao melhorar produtos e serviços. A aplicação de conhecimento deve estar alinhada aos processos organizacionais e ser planejada cuidadosamente, contribuindo para

a melhoria contínua e o alcance dos objetivos estratégicos (SANTOS; RADOS, 2020; APO, 2009).

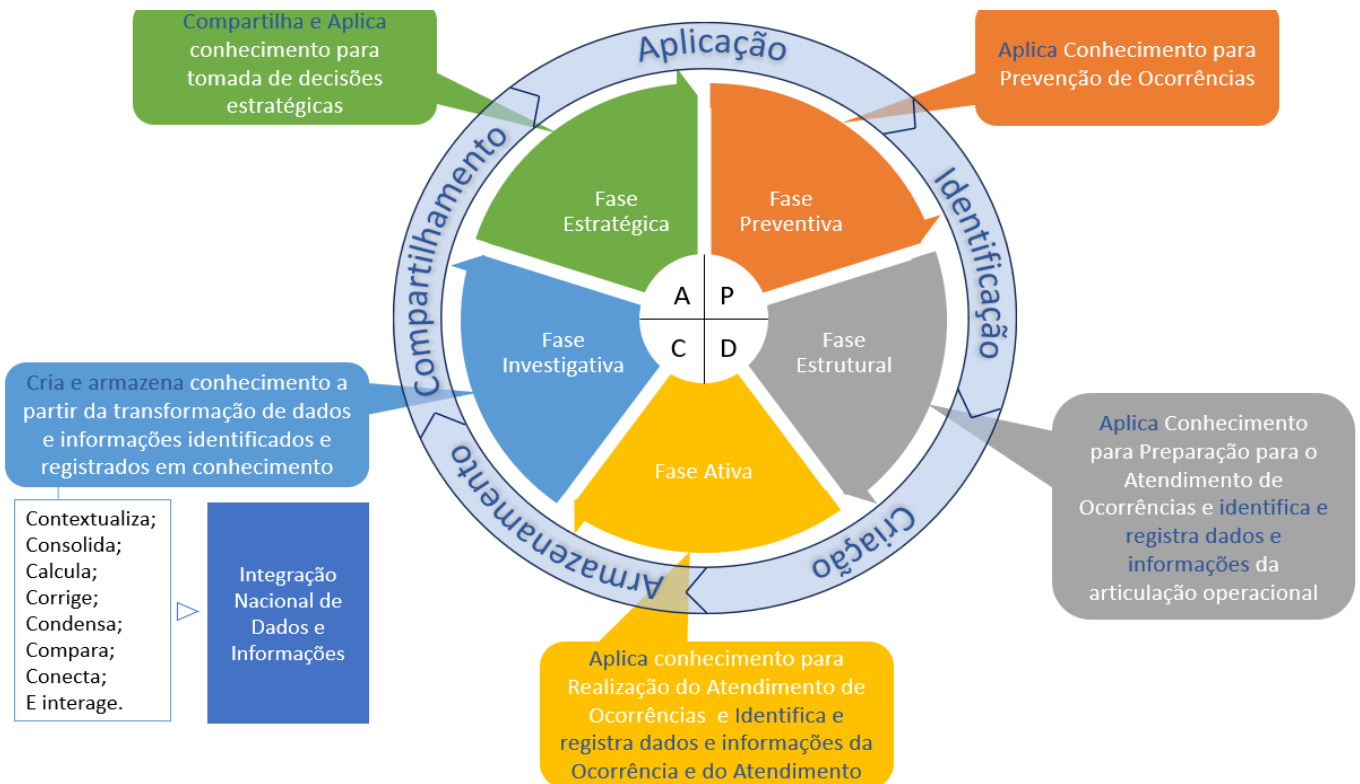
## 2.7 FRAMEWORK DE DADOS, INFORMAÇÕES E CONHECIMENTOS NO ÂMBITO DO CICLO OPERACIONAL DE BOMBEIROS

Fundamentado nas seções anteriores foi estabelecido um framework teórico para identificação dos dados e informações relevantes nos atendimentos operacionais dos Corpos de Bombeiros Militares Corporação.

O framework engloba o ciclo de melhoria contínua (PDCA), o Ciclo Operacional de Bombeiro, a hierarquia do conhecimento, e os processos de gestão do conhecimento que envolvem criação, compartilhamento e aplicação do conhecimento.

O framework teórico resume como os dados, informações e conhecimentos das ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares se relacionam com as teorias apresentadas.

Figura 6 - Framework de dados, informações e conhecimentos aplicados no Ciclo Operacional de Bombeiro, a luz dos processos de GC



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A figura 6 apresenta o framework, que será utilizado como base para identificação dos dados e informações relevantes nos atendimentos operacionais da Corporação.

O conhecimento no âmbito das ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares pode ser gerido conforme processos de GC levantados. Durante o atendimento de ocorrências, na fase ativa, dados e informações identificados como relevantes são registrados.

Estes dados e informações são transformados em conhecimento por meio da contextualização, consolidação, correção, conexão entre outros processos que utilizam a integração dos dados e informações para criar e armazenar o conhecimento em repositório, como bancos de dados e outras tecnologias.

Na fase estratégica, o conhecimento criado é compartilhado e aplicado para tomadas de decisões estratégicas bem fundamentadas.

Em todas as demais fases, aplica-se o conhecimento gerado para as melhorias decididas na fase estratégica.

A integração nacional de dados e informações é essencial para o sucesso deste framework. A coleta, consolidação e análise de dados em nível nacional permitem a comparação de informações e a produção de conhecimento valioso para a corporação como um todo. Esse conhecimento pode ser aplicado para melhorar as práticas e procedimentos em todas as fases do ciclo operacional, promovendo uma abordagem de melhoria contínua e eficaz.

Com a apresentação do framework teórico de dados, informações e conhecimentos aplicados no Ciclo Operacional de Bombeiro, a luz dos processos de GC, alcança-se o primeiro objetivo específico desta pesquisa, direcionando os pontos relevantes que indicarão a necessidade de interoperabilidade semântica para alcançar a integração nacional de dados e informações de ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil.

### **3 INTEGRAÇÃO E COPARTILHAMENTO DE DADOS, INFORMAÇÕES E CONHECIMENTOS**

#### **3.1 TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA INTEGRAÇÃO E INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS E SEUS DESAFIOS**

Apresenta-se nesta subseção algumas das tecnologias utilizadas nos últimos 30 anos ou mais e suas dificuldades em superar os desafios de integração de dados, informações e conhecimentos importantes entre sistemas heterogêneos.

##### **3.1.1 Bancos de Dados Relacionais**

De acordo com Almeida (2020), o banco de dados relacional é uma tecnologia desenvolvida desde os anos 1960 e é considerada extremamente confiável e eficiente, sendo adotada em diversas áreas para manipulação de dados. Entretanto, à medida que cresce o volume de dados entre sistemas heterogêneos, os bancos relacionais apresentam problemas de desempenho, como: i) dificuldade em realizar consultas em dois ou mais bancos de dados simultaneamente; ii) riscos de ambiguidade e idiosincrasia, devido a flexibilidade na especificação de modelos; (iii) impossibilidade de modelar entidades similares por meio de mecanismo de herança, ensejado na necessidade de alterar ou criar tabelas a todo momento; iv) inviabilidade de operações em grandes bancos, devido às múltiplas tabelas.

##### **3.1.2 Sistemas de Gestão Integrada - Enterprise Resource Systems (ERPs)**

Almeida (2020) também analisou os ERPs, que surgiram em 1980 com a promessa de integrar todos os sistemas de uma corporação, dos sistemas de “chão de fábrica” até os sistemas de gestão, mantendo a interoperabilidade por meio de um único banco de dados integrado. O autor apresenta uma lista de motivos pelo qual os ERPs não foram eficazes: i) cada nova versão ensejava em maior complexidade do sistema, com inclusão de centenas ou milhares de novas tabelas; a complexidade dificultava a integração até mesmo de módulos do próprio sistema e ainda mais quando se tratava de integração com sistemas externos; os projetos envolviam altos

riscos e altos custos; ao se reduzir o escopo, para controlar custos e riscos, o sistema não alcançava a corporação de forma holística, não cumprindo o papel integrador.

### 3.1.3 Armazéns de dados - Data warehouse (DWs)

Almeida (2020) verificou então que os DWs foram desenvolvidos para solucionar a integração de dados de forma distinta dos ERPs, propondo uma integração e a combinação de dados de várias fontes distintas, para permitir o acesso e recuperação de resultados combinados. Mesmo assim, novos problemas surgiram: i) a combinação de dados, feita através do processo de *Extract Transform and Load*, era lenta e complexa; ii) os projetos exigiam alto custo e poucos parâmetros de negócio podiam ser analisados; iii) ao tentar ampliar a quantidade de informações de negócio, aumentava-se a complexidade e o tempo de análise; iv) permitiam gerar relatórios, mas não era possível transacionar ou interoperar informações entre os sistemas; v) a cada necessidade de novos parâmetros de consulta, era necessário originar um novo processo complexo para gerar o subconjunto de dados.

### 3.1.4 Data Lakes

Além dos DWs, que possuíam custos muito elevados, Almeida (2020) identificou nos *Data Lakes* outra alternativa para integração e interoperabilidade, que utilizam técnicas de big data com base em processamento paralelo no hardware e *machine-learning* no software. Os *datas lakes* eram mais vantajosos que os DWs para recuperação de informação em grandes volumes de dados, por utilizar os dados em seu estado original, sem uma conformidade a estruturas de relatórios como nos DWs. Entretanto, assim como os DWs, essa tecnologia não foi eficaz para interoperabilidade e transações, além de terem sido encontrados novos problemas: i) alta complexidade por envolver técnicas de big data; ii) eficaz para grande volume de dados, mas inviável em cenários ligeiramente diferentes; iii) utilizam técnicas do tipo black-boxes, que não adota conhecimento de background ou hierarquias, além de outras limitações.



## 3.2 INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA E ONTOLOGIAS

### 3.2.1 Interoperabilidade Semântica

Como visto na subseção 3.1, as soluções para integração de bases de dados e interoperabilidade de sistemas apresentadas anteriormente são muito eficazes em certos cenários, mas apresentam desafios de acordo com a variação destes cenários. O que elas possuem em comum é o campo de atuação: o aspecto tecnológico. São tecnologias que buscam promover a integração e a interoperabilidade, sem, necessariamente, se preocupar com o aspecto conceitual ou semântico.

Para Almeida (2020), o aspecto conceitual é fundamental, sendo até mais importante que o aspecto tecnológico, pois sem um arcabouço semântico bem definido, dificilmente é possível superar as limitações apresentadas, independentemente do tipo de tecnologia escolhido.

Aguiar (2021), define interoperabilidade como a “capacidade de trocar informações ou usá-las em um contexto heterogêneo”. Embora sejam encontrados diferentes tipos de interoperabilidade na literatura, segundo o autor a interoperabilidade semântica é aquela cuja troca e uso de informações ocorre no nível semântico, em que os significados dos elementos representados são pré-estabelecidos, compartilhados e consensuais.

Segundo Gaete (2012), a eficiência na troca informações requer que os sistemas de uma organização alcancem um consenso sobre o significado do que será transmitido. Isso implica que a organização deve garantir a interoperabilidade semântica entre seus sistemas.

Conforme explicado por Sheth (1999), nas estruturas de médias e grandes organizações, é comum que os sistemas sejam desenvolvidos por diferentes pessoas, em momentos distintos, frequentemente fazendo uso de tecnologias diversas. Isso leva à existência de diversos modelos de dados, representações variadas dos dados, terminologias conflitantes e desafios relacionados à subutilização da tecnologia.

A interoperabilidade semântica envolve o trabalho de grupos interdisciplinares que buscam promover a representação da informação e do conhecimento por meio do compartilhamento e tradução, terminologia e vocabulário, classificação e categorização de conceitos, lógica e semântica e ciência da informação. Ainda que inicialmente deva existir

divergências, esta estrutura conceitual comum apresenta uma série de vantagens, e compensa o esforço na busca pelo consenso (Almeida, 2020).

Conforme pesquisado por Gaete (2012), a interoperabilidade semântica exige que os problemas de heterogeneidade semântica sejam superados. O autor identificou que a heterogeneidade semântica ocorre por um desacordo entre o significado, a interpretação ou a intenção do uso de dados, classificando-os da seguinte forma:

- Semanticamente equivalentes ou sinônimos: termos diferentes são usados para referenciar o mesmo conceito.
- Semanticamente não-relacionados ou homônimos: o mesmo termo é usado em sistemas distintos para denotar coisas completamente diferentes.
- Semanticamente relacionados: generalização e especificação, conceitos sobrepostos ou conceitualizações diferentes.

Segundo Gaete (2012), a heterogeneidade semântica é um problema complexo, principalmente devido à dificuldade de distinguir semanticamente cada conceito. Contudo, diversas áreas, como Ciência da Informação, Engenharia do Conhecimento e Inteligência Artificial, utilizam representações ontológicas de conhecimento, através de ontologias, para abordar essa questão.

### 3.2.2 Ontologias

Segundo os autores (Pickler, 2007; Cabral, 2010; Júnior, 2012; Gaete, 2012; Almeida, 2020) as ontologias são uma das alternativas mais promissoras para solucionar questões relativas à interoperabilidade em cenários que envolvem grandes volumes de dados e sistemas de informação heterogêneos.

A ontologia busca suprir a necessidade de obter organização da informação e do conhecimento, atuando, sobre a classificação, processamento, recuperação e disseminação de dados e informações, superando, assim, desafios nas áreas da ciência e tecnologia da informação.

O termo Ontologia teve origem na filosofia, tendo sido cunhado no século XVII, de forma independente e paralela, pelos filósofos Rudolf Gockel e Jacob Lorhard. Mais tarde, no século XVIII, se popularizou com a obra *Philosophia Prima Sive Ontologia*, de Christian Wolff, publicada em 1730 (Guizzardi, 2005).

Etimologicamente, o termo é derivado do grego: onto (ser) e logos (palavra) e refere-se ao estudo do ser, sendo o ramo mais fundamental da metafísica (Cabral, 2010).

Guizzardi (2005) analisa o estudo da Ontologia como uma disciplina da metafísica identificando Aristóteles como o primeiro filósofo ocidental a estudar rigorosamente a metafísica e elaborar uma explicação sistemática de ontologia como a ciência do ser enquanto ser.

Segundo Almeida (2014), existe consenso de que a Ontologia estuda a categoria de coisas que existem, termo utilizado por Aristóteles para discutir as declarações sobre uma entidade. Para o autor, o estudo das categorias é o tópico mais importante do estudo da Ontologia.

Assim, em um contexto filosófico, a ontologia é conceituada como um sistema particular de categorias levando em conta uma certa visão de mundo, com o propósito de categorizar as entidades em uma porção da realidade, definindo o vocabulário e as formulações canônicas de suas teorias (Almeida, 2014).

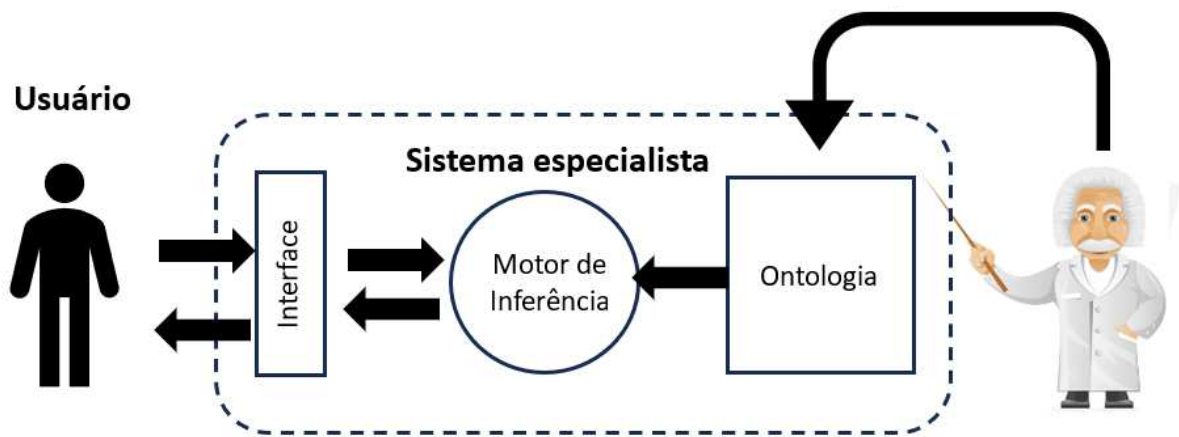
Já no contexto da ciência da computação, a palavra foi utilizada pela primeira vez em um artigo no ano de 1967 (Mealy, 1967), tendo um crescimento notável a partir de 1990 motivado pela necessidade de se estabelecer representações e compartilhamento de conhecimento, bem como pelo uso da inteligência artificial (Guizzardi, 2005).

Para a comunidade de ciência da computação, o termo "ontologia" se refere a um artefato de engenharia. Esse artefato consiste de um vocabulário composto por termos organizados em uma taxonomia, juntamente com suas respectivas definições e um conjunto de axiomas formais. Esses elementos são empregados tanto para estabelecer novas relações entre os termos como para delimitar interpretações, de acordo com um contexto específico (Guizzardi, 2000).

Para Almeida (2020), na ciência da computação, pode-se distinguir dois importantes significados para a ontologia: i) uso dos princípios ontológicos para modelar a realidade, ou seja, entender o mundo, assim como na filosofia, mas aqui adotando uma engenharia de modelagem para o estabelecimento de referências conceituais; ii) representação de um domínio por meio de uma linguagem lógica e semântica, que permite inferências automáticas.

A Figura 7 apresenta um esquema de como a ontologia pode ser utilizada, no âmbito da ciência da computação, para representar o conhecimento e permitir a recuperação deste conhecimento por meio de um sistema especialista.

Figura 7 - Esquema de ontologia em sistema baseado em conhecimento



Fonte: Almeida (2020), adaptado pelo autor

Através da ontologia formal e lógica é possível compreender o domínio e reduzi-lo a modelos conceituais que representam o conhecimento.

Dentro do sistema especialista, é incluído uma ontologia operacional como artefato de software, capaz de traduzir para tecnologia o modelo conceitual de referência e permitir o uso de inferências lógicas e semânticas, por meio de um motor de inferência, para a recuperação do conhecimento pelo usuário final através de uma interface de busca.

Além da ciência da computação, outras áreas também fazem uso da ontologia para a representação do conhecimento. É o caso da ciência da informação que, ainda que de forma implícita, também utiliza os princípios ontológicos como artefato. A principal diferença consiste na informalidade da ontologia e o foco maior na classificação de termos e vocabulários para recuperar informação (Almeida, 2020).

Assim, pode-se concluir que o uso das ontologias aplicado às tecnologias guarda relação direta com seu conceito na metafísica, no sentido de compreender a realidade, porém sob um aspecto de modelagem e de representação, para sua implementação em usos tecnológicos.

### 3.3 CONCEITOS DE ONTOLOGIA NA REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Não obstante as distinções apresentadas na seção anterior quanto à ontologia como disciplina da filosofia ou como artefato de representação do conhecimento, faz-se necessário entender o que é representação do conhecimento e o conceito sobre ontologia mais adequado para o contexto desta pesquisa.

Segundo Brachman (2004), de forma simplificada, representação é o relacionamento entre dois domínios, onde o primeiro, o “representando”, é mais acessível, imediato e concreto, por isto toma o lugar do segundo. Assim, ele prossegue afirmando que a representação do conhecimento é o uso formal de símbolos que representam uma série de proposições e crenças.

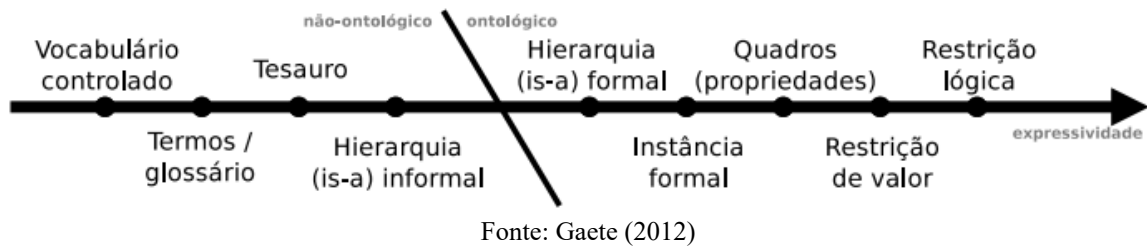
De acordo com o autor, há quatro níveis de representação do conhecimento, que variam conforme premissas oferecidas ao usuário: lógico, epistemológico, ontológico e conceitual.

O nível lógico é a formalização de uma “sintaxe”, elaborado sem a preocupação da interpretação dos conceitos e de suas relações. O nível epistemológico é o da estruturação, em que uma noção genérica de conceito é introduzida como premissa na estruturação do conhecimento. O nível ontológico, por sua vez, restringe o número de interpretações de um conceito dentro de determinado contexto. Por fim, o nível conceitual estabelece uma interpretação definida para cada conceito.

Segundo Campos (2004), para a ciência da computação interessam os níveis epistemológico, que estrutura os conceitos e seus inter-relacionamentos, e o nível ontológico, que avança na classificação de domínio e na definição dos conceitos.

Para Gaete (2012) o que diferencia a ontologia de outros instrumentos de representação do conhecimento é o grau de expressividade e a riqueza de sua estrutura interna, podendo ser classificados em: vocabulários controlados, glossários, dicionários de sinônimos, hierarquias (is-a) informais, hierarquias (is-a) formais, instâncias formais, quadros (frames), restrição de valor, e restrições lógicas gerais.

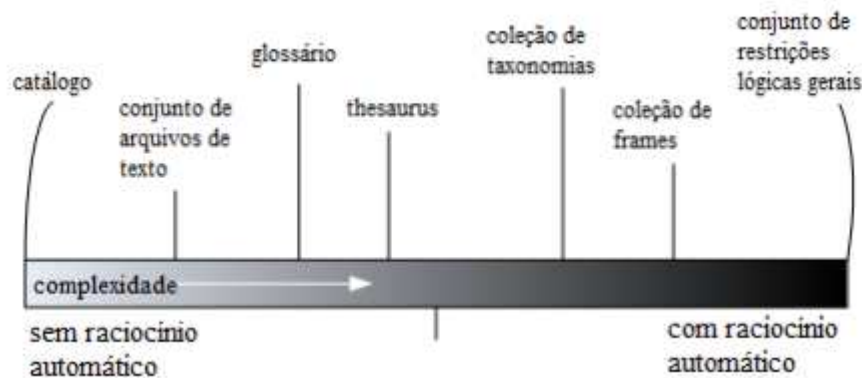
Figura 8 - Categorização da Representação do Conhecimento



Conforme se observa na Figura 8, Gaete (2012) defende a existência de uma fronteira clara entre representação do conhecimento ontológica e não ontológica, sendo a expressividade de um modelo a variável que define esta fronteira, uma vez que esta variável aumenta de acordo com a quantidade de axiomas existentes entre os conceitos.

Por outro lado, Guizzardi (2005) em suas pesquisas identificou uma grande variedade de artefatos classificados como ontologia na literatura de computação, que vão desde simples catálogos até teorias lógicas formais de raciocínio automatizado. O autor então classificou estes tipos de ontologias de acordo com sua complexidade, em uma escala que vai de artefatos “sem raciocínio automático” até artefatos “com raciocínio automático”, conforme se vê na Figura 9.

Figura 9 - Diferentes tipos de especificações classificadas como ontologias na literatura da ciência da computação



Este amplo espectro de exemplos de especificações classificadas como ontologia leva também a uma vasta lista de conceitos sobre ontologia, ainda que restrito para sua visão de artefato representacional com uso na ciência da computação.

O Quadro 3 apresenta uma relação de conceitos e respectivos autores, conforme compilado por Salm Junior (2012).

Quadro 3 - Conceitos e contribuições de Ontologias

Conceito	Autores
Uma ontologia define os termos básicos e relações garantindo um vocabulário de uma área, bem como as regras para combinação dos termos e relações que definem as extensões do próprio vocabulário.	Neches <i>et al</i> (2010, p. 40)
Uma ontologia é uma estrutura hierárquica de termos estrutura de forma a descrever um domínio que pode ser usado com um esqueleto para o fundamento de uma base de conhecimento	Swartout <i>et al.</i> (1997, p. 138)
Uma ontologia pode possuir variadas formas, ao ser construída, necessariamente deverá incluir um vocabulário de termos e alguma especificação de seus sentidos. Isso inclui definições e indicações de como os conceitos estão inter-relacionados que coletivamente impem a estrutura restrições e possibilidades de interpretações desses termos.	Uschold e Jasper (1999)
É uma maneira lógica de modelar todas as formas do ser de maneira sistemática, formal, axiomática (conceito base para utilização de ontologias na ciência da computação – ontologias formais)	Cocciarella, Nino (1991)
A ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização (especificação formal)	Gruber (1993, p. 199)
Ao contrário das ciências experimentais, que visam a descoberta e a modelagem da realidade sob uma determinada perspectiva, a Ontologia centra-se na natureza e estrutura das coisas em si, independentemente de quaisquer outras considerações, e até mesmo independentemente de sua real existência.	Guarino, Oberle e Staab (2003)
Uma teoria lógica que proporciona uma explícita e parcial conceitualização. Um conjunto de axiomas lógicos projetados que responsáveis pelo sentido pretendido de um vocabulário.	Guarino e Giaretta (1998)
Esse (uma ontologia) proporciona o sentido para descrever explicitamente a conceitualização por de traz do conhecimento representado em uma base de conhecimento.	Schreiber <i>et al.</i> (1999)
Ontologia não é epistemologia, porém guarda um complexo relacionamento com a epistemologia. Ontologia é primariamente sobre entidades, relações e propriedades do mundo, da categoria das coisas.	Poli <i>et al.</i> (2010)
Ontologias são definidas como uma especificação de conceitualização formal compartilhada.	Borst (1997 pg 12)
Uma ontologia define os termos utilizados para descrever e representar uma área de conhecimento, a definição de classes (ou conceitos), que são coisas gerais no domínio de interesse, suas relações e as propriedades (ou atributos) que as coisas podem ter.	W3C (2004)
O que é chamado de ontologia são tipos de objetos que serão importantes para um agente, as propriedades que podem ser importantes para o objeto e o relacionamento entre eles, antes de popular a base de conhecimento do próprio agente.	Brachman e Levesque (2004 p.32)
Uma das contribuições mais importantes de uma ontologia é que ela proporciona a distinção entre conceitos de maior nível e outros de níveis mais baixos, isto é, conceitos de domínio de forma sistemática e consistente que é difícil de alcançar sem formas ontológicas do pensamento.	Mizoguchi (2001)
Uma ontologia é uma teoria lógica que se presta para um uso intencional de um vocabulário formal, isto é, o comprometimento ontológico a uma conceitualização particular do mundo.	Mcguinnes (2002)
Ontologias computacionais no contexto de sistemas de informação são artefatos que codificam uma descrição de algum mundo (real, contra factual, possível, impossível, desejado etc.)	Gangemi e Presutti (2009)

A Ontologia tem sido usada, sobretudo pela área de Inteligência Artificial (IA), visando descrever e relacionar conceitos utilizados por um agente ou por uma comunidade dos mesmos, sendo aplicada, por exemplo, no processamento de linguagens naturais e representação do conhecimento	Bézivin (1998)
---	----------------

Fonte: Salm Junior (2012)

No contexto desta pesquisa, a contribuição que mais se adequa ao trabalho proposto é a definida por Guarino *et al* (2009): **“Uma ontologia é uma especificação parcial, formal e explícita de uma conceituação compartilhada”**.

O termo "conceituação" alude a um conjunto de conceitos e relações que são pertinentes na articulação e análise de um fenômeno do mundo real. "Parcial" denota a delimitação da abrangência de uma ontologia, restringindo-a apenas a determinados aspectos ou componentes da realidade. A característica "explícita" indica descrições claras, transparentes e de maneira inequívoca. "Formal" refere-se ao grau de rigor e estruturação da linguagem empregada, sendo as linguagens lógicas frequentemente consideradas por ser legível para computador. Por fim, “compartilhada” expressa a capacidade de uma ontologia de capturar o conhecimento consensualmente aceito por uma comunidade de especialistas em um determinado domínio, promovendo, assim, a comunicação e a colaboração eficazes dentro dessa comunidade.

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO DE ONTOLOGIAS

As ontologias podem ser classificadas de acordo com diversos critérios. Apresenta-se a seguir dois critérios que são relevantes para contexto desta pesquisa:

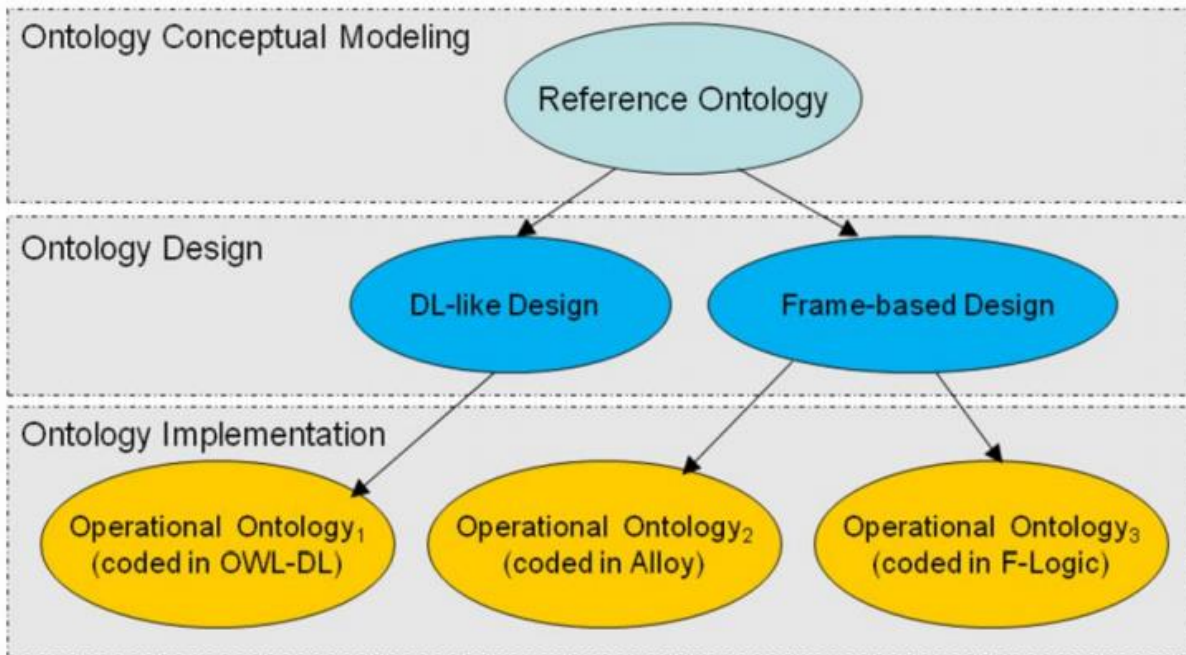
#### 3.4.1 Classificação de ontologias de acordo com o processo de desenvolvimento

Falbo *et al* (2013) propõe a classificação, de acordo com o processo de desenvolvimento, como: ontologia **de referência**, cujo principal objetivo é representar o conhecimento para descrever com clareza e precisão os elementos de determinado domínio; ontologia **de design**, que especifica como lidar com as diferenças de expressividades das linguagens utilizadas na ontologia de referência e na próxima fase; ontologia **operacional**, que são concebidas com o foco de garantir propriedades computacionais desejáveis.

As classificações conforme o processo de desenvolvimento de software proposto por Falbo *et al* (2013) são apresentadas na Figura 10.



Figura 10 - Engenharia de Ontologias como Processo de Desenvolvimento de Software



Fonte: Falbo *et al* (2013)

Segundo o autor, as ontologias de referência são utilizadas como um recurso “off-line” para auxiliar os seres humanos em tarefas que envolvem negociação de significado e estabelecimento de consenso. Essas ontologias fornecem um ponto de partida sólido para a compreensão compartilhada e a comunicação eficaz em contextos onde a interpretação de conceitos e relações é crítica. Na fase de concepção, é imperativo que a especificação conceitual inicial seja transformada em uma especificação de concepção. Importante notar que uma única ontologia de referência tem o potencial de ser empregada na criação de diversos designs, incluindo aqueles que podem diferir radicalmente em sua estrutura e aplicação.

Na fase de implementação, a ontologia de referência é codificada em determinada linguagem de forma que seja possível implementá-la no ambiente operacional. A essa versão de implementação se dá o nome de Ontologia Operacional, que possui uma linguagem computacional específica, como OWL e RFS, além de outras. A ontologia de design, portanto, é utilizada para preencher a lacuna entre a modelagem conceitual de ontologias de referência e sua codificação na ontologia operacional (Falbo *et al*, 2013).

### 3.4.2 Classificação de ontologias de acordo com a generalidade

Conforme delineado por Scherp *et al* (2011), ontologias podem ser categorizadas com base em seu grau de generalidade em três classes distintas: as **Ontologias de Domínio** (*Domain Ontology*), que englobam conhecimento relativo a domínios específicos com o propósito de representar um "mini-mundo" particular; as **Ontologias de Núcleo** (*Core Ontology*), que têm a incumbência de representar diversas perspectivas ou abordagens de um domínio, bem como de abranger múltiplos domínios; e, por fim, as **Ontologias de Fundamentação** (*Foundational Ontology*), que possuem a finalidade de representar conhecimento de natureza geral que se origina de diversas áreas do saber. Essa classificação de ontologias distingue esses artefatos de representação de conhecimento com base em sua amplitude e escopo, contribuindo para uma compreensão mais precisa de suas respectivas finalidades e aplicações.

As ontologias de domínio se concentram na descrição do vocabulário associado a um campo específico do conhecimento, como medicina, turismo, etc. Pode-se afirmar que elas especializam os termos introduzidos em uma Ontologia de Fundamentação, adaptando-os para o contexto do domínio em questão.

As ontologias de núcleo, também especificam uma representação do conhecimento, porém englobando uma série de domínios inter-relacionados entre si, como no caso estudado por Scherp *et al* (2011) que propõe uma Ontologia de Núcleo para a central integrada de emergências, que precisa interoperar sistemas de diversas entidades como Corpo de Bombeiros, Polícia, Serviços de Atendimento Médicos de Urgência, entre outros. Assim como na ontologia de domínio, a ontologia de núcleo também utiliza da ontologia de fundamentação para se basear.

Por fim, as ontologias de fundamentação desempenham um papel de integração de informações heterogêneas de alto nível de abstração, uma vez que exercem o papel de definir noções elementares relacionadas a objetos, relações, eventos, processos e outros elementos conceituais, servindo como ponto de partida das ontologias de domínio e de núcleo (Barcellos, 2009).

### 3.5 BENEFÍCIOS E PROBLEMAS NO USO DA ONTOLOGIA

Como visto até aqui, as ontologias, como artefato de representação do conhecimento, são ferramentas úteis para representar determinado domínio, permitindo, no âmbito das

ontologias operacionais, sua aplicação em diversas áreas da tecnologia como na ciência da computação, inteligência artificial, engenharia de software, integração de bases de dados, entre outras. Como ontologia da referência, também é aplicada em domínios consagrados, como medicina, engenharia e direito, para promover consenso entre os interessados do domínio em questão. Seguindo este raciocínio, Guizzardi (2000) descreveu três principais áreas em que vários benefícios são alcançados com as ontologias:

- a) Comunicação: Ontologias representam instrumentos de significativa utilidade na facilitação da comunicação entre indivíduos em diversos contextos de conhecimento. Primeiramente, desempenham um papel fundamental ao auxiliar as pessoas na realização de raciocínios e na compreensão de um domínio de conhecimento específico. Nesse sentido, atuam como uma referência que possibilitam a construção de consenso dentro de uma comunidade profissional, definindo e estabelecendo o vocabulário técnico a ser empregado nas interações e discussões. Adicionalmente, as ontologias desempenham uma função relevante no processo de elicitación de conhecimento, servindo como guias valiosos ao coletar informações de diversas fontes.
- b) Formalização: Considerando a formalização empregada no desenvolvimento de uma ontologia, a especificação do domínio assume um caráter altamente preciso e eliminatório de contradições e inconsistências relacionadas às restrições, culminando, portanto, em uma especificação desprovida de ambiguidade. Um aspecto de significativa relevância reside no fato de que, dado o uso de uma notação formal, a especificação formalizada pode ser sujeita a verificações e validações automáticas, desde que haja disponibilidade de provadores automáticos de teoremas adequados àquela notação. Além disso, mediante a utilização de um mecanismo de inferência, é possível efetuar a dedução automática de novos conhecimentos a partir da base de conhecimento já existente na ontologia. Essa capacidade de inferência automática amplia consideravelmente o potencial das ontologias no que tange à geração de conhecimento adicional de maneira sistemática e, idealmente, automática.
- c) Representação do conhecimento e reuso: A ontologia desempenha um papel fundamental na definição de um vocabulário consensual e na representação do conhecimento de um domínio de maneira explícita, partindo desde o mais alto-

nível de abstração. Essa abordagem confere à ontologia um considerável potencial de reuso, pois o conhecimento formalizado na camada de fundamentação pode ser adaptado e especializado para atender a diversas aplicações. Essa flexibilidade permite que a ontologia seja utilizada para uma variedade de finalidades, por diferentes equipes de desenvolvimento e em diferentes momentos, ampliando assim sua utilidade e impacto no âmbito da representação e gestão do conhecimento.

Mesmo com todas as vantagens apresentadas quanto ao uso de ontologias, é importante reconhecer que também existem desafios e impedimentos identificados por estudiosos, como exemplificado por O’Leary (1997) apud Guizzardi (2000):

- a) A definição de uma ontologia é um processo essencialmente político, uma vez que nenhuma ontologia pode ser considerada universalmente adequada para atender a todas as necessidades individuais ou de grupos. Isso pode dar origem a desafios de consenso e escolha de ontologias apropriadas;
- b) A dinâmica das ontologias, ou seja, sua necessidade de evolução ao longo do tempo, é uma questão que merece atenção. Poucos trabalhos têm se dedicado à evolução de ontologias.
- c) A extensão de ontologias não é um processo direto, uma vez que as ontologias são tipicamente estruturadas de maneira precisa, tornando-as particularmente sensíveis a questões de extensibilidade. A complexidade e precisão das definições podem tornar a tarefa de estender ontologias desafiadora.
- d) A ideia de bibliotecas de ontologias sugere uma relativa independência entre ontologias diferentes. No entanto, a interface entre essas ontologias independentes pode ser problemática, especialmente porque cada uma delas é desenvolvida em um contexto político específico. Ontologias desenvolvidas de forma independente podem não se integrar de maneira eficaz com outras devido a uma variedade de razões, incluindo diferenças no vocabulário utilizado e visões conflitantes do mundo.

Além dos problemas acima elencados, Falbo (1998) alerta para o desafio metodológico no desenvolvimento de ontologias. Embora muitas ontologias tenham sido desenvolvidas de diversas maneiras, o autor enfatiza sobre a necessidade do estabelecimento de métodos próprios

de engenharia para a construção de ontologias, como o estabelecimento de práticas, critérios de projeto, atividades, métodos e ferramentas.

Segundo o autor, muitas vezes, a construção de ontologias é realizada de forma não sistemática, como uma atividade artística, em vez de ser conduzida como uma engenharia estruturada e orientada por melhores práticas. Isso enfatiza a necessidade de estabelecer diretrizes e padrões sólidos para garantir a eficácia e a qualidade no desenvolvimento de ontologias.

Desta forma, serão apresentadas na próxima seção, algumas das metodologias usualmente utilizadas para a construção de ontologias.

### 3.6 METODOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE UMA ONTOLOGIA

Ao longo dos anos, uma variedade de abordagens foi desenvolvida para a construção de ontologias, apresentando características diversas e sendo direcionadas a diferentes propósitos e aplicações. No artigo de Silva, Souza e Almeida (2008) os autores identificaram e compararam uma série de métodos para a construção de ontologia avaliando as seguintes metodologias: *Cyc*, *Grüninger e Fox*, *Uschold e King*, *Kactus*, *Methontology*, *Sensus*, Método 101, Z39.19-2005 e Manual BITTI. Outros autores, como Corcho, Gomez-Perez e Lopez (2004), também realizaram análise semelhante, apresentando praticamente as mesmas metodologias como as mais conhecidas em engenharia das ontologias.

Ambos autores chegaram à conclusão que metodologias como *Methontology* e o guia *Ontology Development 101* estão entre as mais maduras e consistentes, mas ainda assim, sofrem com a ausência de um ferramental adequado para a construção e com a falta de explicações sistemáticas que delineiem de forma precisa onde e até que ponto as abordagens teóricas podem ser aplicadas no processo de elaboração. Para tentar mitigar essas limitações, os autores sugerem a combinação das diferentes metodologias, aproveitando as vantagens e os artefatos específicos de cada uma.

#### 3.6.1 Metodologia METHONTOLOGY

A METHONTOLOGY é uma metodologia para o desenvolvimento de ontologias criada em 1997 pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Politécnica de

Madri, Espanha. Incorporando princípios da engenharia de software e da engenharia do conhecimento, ela se destaca por sua abordagem estruturada e sistemática e segue um ciclo de vida iterativo, baseado na evolução de protótipos, que abrange as fases de especificação, conceitualização, formalização, implementação e manutenção. (CORCHO, GOMEZ-PEREZ E LOPEZ, 2004).

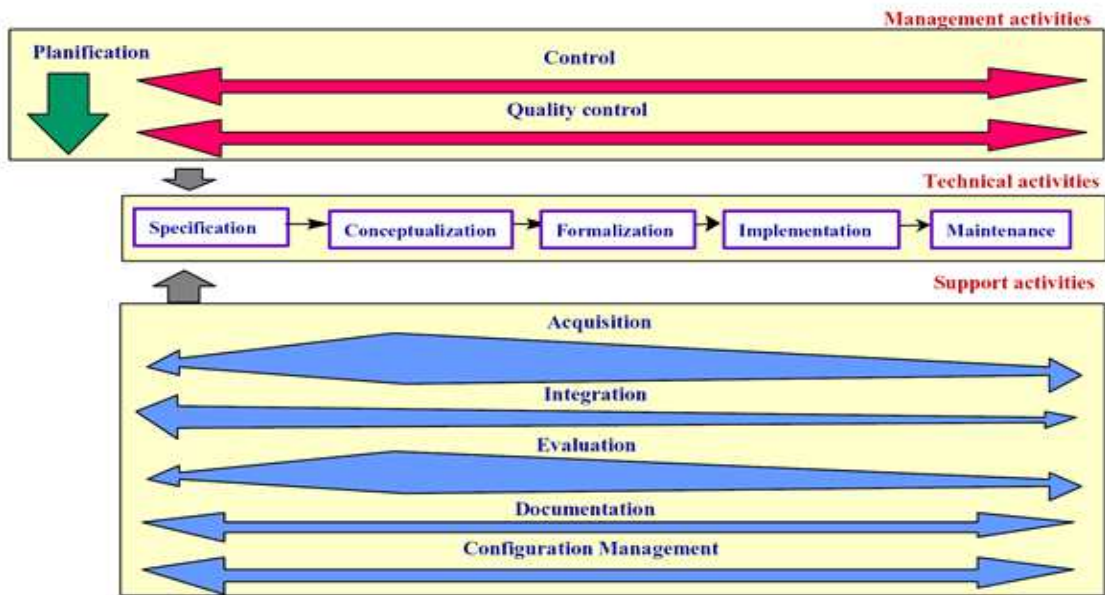
Na fase de **especificação**, são definidos os objetivos, escopo e requisitos da ontologia (incluindo perguntas de competência), estabelecendo uma base clara para o desenvolvimento subsequente. A **conceitualização** envolve a criação de um modelo conceitual que representa os principais conceitos e relações dentro do domínio de interesse. Este modelo é transformado em um formato mais formal e estruturado durante a **formalização**, utilizando linguagens específicas de ontologia, como OWL. A **implementação** consiste em codificar a ontologia formalizada em uma plataforma de desenvolvimento, como Protégé, garantindo sua operacionalidade. Finalmente, a fase de **manutenção** assegura que a ontologia continue a evoluir e se adaptar a novas necessidades e conhecimentos (GONZÁLES, 2006).

A METHONTOLOGY também incorpora atividades de suporte ao longo de todo o ciclo de vida da ontologia. A **aquisição de conhecimento** envolve a coleta e organização de informações de especialistas e fontes documentais, sendo fundamental principalmente no início do processo de desenvolvimento. A **integração** combina diferentes fontes de conhecimento e reutiliza ontologias existentes para uma cobertura abrangente. A **avaliação** verifica a precisão, consistência e completude da ontologia. A **documentação** assegura que todas as fases do desenvolvimento sejam bem registradas, facilitando a compreensão e manutenção futura. A **gestão da configuração** controla versões e mudanças, garantindo que todas as modificações sejam sistematicamente rastreadas. (CORCHO, GOMEZ-PEREZ E LOPEZ, 2004).

González (2006) explora as atividades de gerenciamento previstas na metodologia: o planejamento, controle e controle de qualidade. O **planejamento** inclui o encadeamento de tarefas, gerenciamento do tempo e alocação de recursos necessários para o desenvolvimento da ontologia. O **controle** envolve a execução das tarefas planejadas e o **controle da qualidade** inclui a checagem da qualidade das saídas, como a ontologia em si, o software produzido e a documentação.

A Figura 11 ilustra essas fases e atividades, destacando como a METHONTOLOGY oferece um framework robusto e detalhado para a criação de ontologias eficazes.

Figura 11 - Representação da metodologia METHONTOLOGY



Fonte: Gonzáles (2006).

### 3.6.2 Guia Ontology Development 101

O Guia Ontology Development 101 foi desenvolvido em 2001 por Natalya F. Noy e Deborah L. McGuinness no Stanford Center for Biomedical Informatics Research. Este guia serve como um recurso prático para iniciantes no desenvolvimento de ontologias, fornecendo um conjunto de diretrizes e melhores práticas que facilitam a criação de ontologias eficazes e bem-estruturadas.

Segundo Noy e McGuinness (2001), o guia destaca as etapas iterativas no processo de desenvolvimento de ontologias:

- Determinar o Domínio e o Escopo da Ontologia: A primeira etapa envolve a definição clara do domínio que a ontologia deve cobrir e o escopo de seus conteúdos, incluindo as questões de competência.
- Considerar a Reutilização de Ontologias Existentes: Antes de criar uma ontologia do zero, é recomendável explorar ontologias já existentes que possam ser adaptadas ou integradas.
- Enumerar Termos Importantes: Nesta fase, os desenvolvedores listam os principais conceitos e termos que serão incluídos na ontologia.
- Definir Classes e Hierarquias de Classes: A partir da lista de termos, os desenvolvedores definem as classes e estabelecem hierarquias entre elas. A

organização hierárquica ajuda a estruturar o conhecimento de forma lógica e acessível.

- e) Definir Propriedades e Restrições de Propriedades: Esta etapa envolve a especificação das propriedades que descrevem as relações entre as classes e as restrições aplicáveis a essas propriedades. Isso inclui a definição de propriedades de dados e propriedades de objetos.
- f) Criar Instâncias: Após definir a estrutura da ontologia, são criadas instâncias específicas das classes para ilustrar como a ontologia pode ser aplicada na prática. As instâncias ajudam a validar a ontologia e a demonstrar seu uso em cenários reais.

Em suma, o Guia Ontology Development 101 oferece um framework prático e acessível, contribuindo com uma visão clara de como se dá um processo iterativo para o desenvolvimento de ontologias.

### 3.7 FERRAMENTAS PARA CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS

As metodologias estudadas, por mais robustas e bem definidas que sejam, requerem ferramentas adequadas para sua aplicação prática. As Ferramentas desempenham um importante papel no desenvolvimento de ontologias, oferecendo funcionalidades que facilitam desde a concepção até a manutenção das ontologias (CORCHO, GOMEZ-PEREZ E LOPEZ, 2004).

A seguir, destaca-se duas ferramentas que são utilizadas para suporte ao desenvolvimento de ontologias.

#### 3.7.1 OntoKEM

Conforme Ostuni-Gauthier *et al* (2010), o OntoKEM, desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia do Conhecimento (LEC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), é uma ferramenta voltada para a construção e documentação de ontologias. Esta ferramenta apoia a pesquisa aplicada e exploratória, facilitando a resolução de problemas no domínio da Gestão



do Conhecimento. A OntoKEM baseia-se em metodologias como METHONTOLOGY e o guia Ontology Development 101 para oferecer um processo estruturado de desenvolvimento ontológico.

Segundo os autores, a ferramenta foi projetada para apoiar todas as fases do ciclo de vida de uma ontologia, desde a especificação inicial, passando pela criação de vocabulários, até a exportação para ferramentas complementares como Protégé.

OntoKEM também produz artefatos, como o Vocabulário Completo, a Representação Gráfica da Hierarquia de Classes e o Dicionário de Classes. Estes artefatos facilitam a comunicação entre desenvolvedores e stakeholders, permitindo ajustes iterativos baseados em feedback contínuo.

Além disso, OntoKEM suporta a exportação de ontologias no formato OWL (Web Ontology Language). Essa funcionalidade permite que as ontologias desenvolvidas no OntoKEM sejam importadas e utilizadas em outras ferramentas complementares, como o Protégé, ampliando significativamente as possibilidades de aplicação e integração das ontologias em diferentes sistemas e plataformas.

### **3.7.2 Protégé**

Protégé, desenvolvido pela Universidade de Stanford, é uma das ferramentas mais amplamente utilizadas para a construção de ontologias. Esta ferramenta oferece um ambiente flexível para modelagem de ontologias, permitindo a criação de classes, propriedades, instâncias e axiomas necessários para a formalização do conhecimento em diversos domínios e suportando vários formatos de ontologias, incluindo OWL, RDF(S) e XML Schema (MUSEN, 2015).

Segundo o autor, uma das características notáveis do Protégé é a integração de recursos de inferência e validação lógica. Através de reasoners como HermiT e Pellet, a ferramenta permite a derivação automática de novos conhecimentos a partir das ontologias existentes, inferindo relações e propriedades implícitas, bem como é possível validar a consistência lógica da ontologia, validando uma compreensão mais aprofundada e coerente do domínio modelado.

Além disso, Protégé oferece plugins como o SPARQL, que permite a execução de consultas complexas sobre as ontologias desenvolvidas, ampliando significativamente as capacidades de busca e recuperação de informações.

### 3.7.3 RDF – Resource Description Framework

O *Resource Description Framework* (RDF) é uma especificação desenvolvida pelo World Wide Web Consortium (W3C) que visa a representação de informações sobre recursos na web de maneira estruturada e interconectada (W3C, 2014).

Conforme ensina Lima e Carvalho (2005), a estrutura fundamental de RDF é o triplo, que consiste em três componentes: sujeito, predicado e objeto. Cada triplo representa uma declaração simples sobre um recurso, estabelecendo um relacionamento entre dois elementos. Por exemplo, em uma ontologia que trate sobre os tipos de ocorrências atendidas pelos corpos de bombeiros, um triplo pode ser:

- Sujeito: “Incidente123”
- Predicado: “temNatureza”
- Objeto: “Incendio”

Cada recurso em RDF é identificado de maneira única por meio de URIs (Uniform Resource Identifiers). Os URIs garantem que diferentes sistemas possam referenciar e utilizar os mesmos dados de forma consistente, promovendo a integração e reutilização da informação em contextos diversos (Berners-Lee, 2006).

Um dos principais benefícios do RDF é sua capacidade de facilitar a interoperabilidade entre diferentes sistemas e organizações. Como padrão aceito globalmente, os dados descritos em RDF podem ser combinados e utilizados por qualquer sistema que suporte este padrão, promovendo um ecossistema de dados interconectados e colaborativos (W3C, 2014).

### 3.7.4 SPARQL - Query Language for RDF

SPARQL, sigla para SPARQL Protocol and RDF Query Language, é uma linguagem de consulta e um protocolo utilizado para a recuperação e manipulação de dados armazenados em formato RDF. Desenvolvido pelo W3C, o SPARQL permite a execução de consultas complexas em bases de dados RDF, possibilitando a extração e análise de informações de maneira eficiente e precisa (HARRIS; SEABORNE, 2013).

Segundo Speroni (2014), a ferramenta permite que dados estruturados e semiestruturados sejam recuperados, relações desconhecidas sejam exploradas e uniões complexas de conjuntos de dados diferentes sejam realizadas em uma única e simples consulta.

A estrutura básica de uma consulta SPARQL inclui a cláusula SELECT, que especifica as variáveis a serem retornadas, e a cláusula WHERE, que define os padrões de triplo a serem correspondidos (HARRIS; SEABORNE, 2013).

Botelho (2015), ao desenvolver e implementar uma Ontologia para auxiliar equipes de desenvolvimento de software na área de recursos humanos em suas tarefas diárias, realizou consultas, a partir do plugin SPARQL no Prótegé, para validar o papel da ontologia desenvolvida na disseminação do conhecimento.

### 3.8 PRINCÍPIOS DE DESIGN DE ONTOLOGIAS PARA USO NO COMPARTILHAMENTO DE CONHECIMENTO

De acordo com o estudo de Gruber (1993), os conceitos dentro de uma ontologia devem possuir certas características fundamentais para garantir sua eficácia e utilidade. Nesta seção, discutiremos os principais princípios de design que os conceitos de uma ontologia devem seguir: clareza, coerência, extensibilidade, minimalismo ontológico e viés mínimo de codificação.

#### 3.8.1 Clareza

A clareza é o princípio essencial de uma conceituação, pois visa para garantir que os conceitos em uma ontologia sejam compreendidos de forma consistente por todos os usuários. Segundo Gruber (1995), "as definições devem comunicar o significado pretendido do termo definido". Para alcançar clareza, cada conceito deve ser definido de maneira precisa e não ambígua, evitando interpretações múltiplas. Isso é fundamental para assegurar que diferentes usuários, independentemente de sua formação ou contexto, possam entender e aplicar os conceitos da mesma maneira.

#### 3.8.2 Coerência

A coerência refere-se à consistência lógica interna da ontologia. Uma ontologia é considerada coerente quando não contém contradições e todos os conceitos e relações são logicamente compatíveis entre si (NOY; MCGUINNESS, 2001). A coerência garante que a ontologia possa ser utilizada de maneira confiável para inferências e análises, evitando resultados conflitantes que poderiam comprometer a integridade do conhecimento compartilhado.

### **3.8.3 Extensibilidade**

A extensibilidade é a capacidade da ontologia de acomodar novos conceitos e relações à medida que o domínio de conhecimento evolui. Conforme Gruber (1993), uma ontologia deve ser projetada de modo a permitir a adição de novos elementos sem exigir revisões significativas na estrutura existente. Essa característica é importante para manter a ontologia relevante e útil em um ambiente dinâmico, onde o conhecimento está em constante evolução.

### **3.8.4 Minimalismo Ontológico**

O minimalismo ontológico envolve a inclusão apenas dos conceitos essenciais necessários para descrever o domínio de interesse. Noy e McGuinness (2001) afirmam que "a ontologia deve incluir o conjunto mínimo de termos que coletivamente fornecem cobertura do domínio pretendido". Este princípio ajuda a evitar redundâncias e complexidade desnecessária, facilitando a manutenção e a compreensão da ontologia.

### **3.8.5 Viés Mínimo de Codificação**

Viés mínimo de codificação significa que a ontologia deve ser representada de uma maneira que minimize a influência de preconceitos e suposições implícitas. De acordo com Gruber (1993), "as representações devem ser tão imparciais quanto possível". Isso é importante para garantir que a ontologia possa ser utilizada em diversos contextos e aplicações sem impor limitações desnecessárias ou favorecer certos pontos de vista. A codificação deve ser feita de forma a permitir que o conhecimento seja reutilizado e compartilhado amplamente.

### **3.8.6 Completude**

Embora o termo "completude" não seja necessariamente mencionado de forma explícita, a ideia subjacente de garantir que uma ontologia seja abrangente e detalhada o suficiente para representar adequadamente o domínio é discutida por vários autores renomados na área.

Noy e McGuinness (2001) afirmam que para desenvolver uma ontologia útil, é crucial garantir que a ontologia cubra todos os conceitos e relações relevantes dentro do domínio. Guarino (1996), enfatiza que uma ontologia deve ser detalhada o suficiente para suportar as inferências necessárias em aplicações específicas.

### 3.9 REDES DE ONTOLOGIAS

Suaáez-Figueroa *et al* (2012) ensinam que ontologias monolíticas, ainda que abrangentes, podem apresentar obstáculos práticos na modelagem de domínios complexos, em especial no que concerne a manipulação, uso e manutenção. Segundo os autores, uma abordagem aperfeiçoada é a modularização da ontologia de forma interligada, para facilitar o design e reuso.

Nesta mesma linha, Detoni *et al* (2017) concebem a rede de ontologias como a abordagem adequada para ontologias complexas, uma vez que inter-relaciona uma coleção de ontologias por meio de diversos relacionamentos, como alinhamento, modularização e dependência. Cada ontologia na rede compartilha conceitos e relações com outras ontologias, formando uma estrutura mais flexível e adaptável.

As ontologias de domínio na estrutura em rede mantêm inter-relações de dependência, denotando que os conceitos de uma ontologia são prementes para a compreensão no contexto de outra ontologia. Esta interdependência corrobora a coesão conceitual nas ontologias de domínio, fortalecendo, assim, a concepção da rede como uma entidade estruturada e interconectada.

### 3.10 MÉTODO DELPHI APLICADO A AVALIAÇÃO E REFINAMENTO (MANUTENÇÃO) DE ONTOLOGIAS

O Método Delphi foi criado na década de 1950 pela RAND Corporation para melhorar o uso da opinião de especialistas na previsão tecnológica. Ele se baseia em três condições

principais: anonimato dos respondentes, tabulação estatística dos resultados e feedback iterativo das respostas (MARTINO, 1993; WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

Estudos recentes demonstram a eficácia do Método Delphi na construção de consenso acerca da conceituação em ontologias. Kim e Oh (2019) utilizaram o Delphi para extrair e aplicar critérios de avaliação de ontologias, garantindo a qualidade e confiabilidade das mesmas. Já Hassan e Nayan (2021) aplicou a técnica para avaliar elementos ontológicos em aplicativos de resposta a emergências, refinando conceitos para relevância prática.

O Delphi é um método que facilita a comunicação estruturada entre um grupo de especialistas para resolver problemas complexos. A metodologia envolve várias rodadas de questionários, com resumos de respostas fornecidos após cada rodada para refinar e ajustar as opiniões até que se alcance um consenso (KAYO; SECURATO, 1997).

Segundo os autores, as etapas para a aplicação do Método Delphi incluem:

1. **Definição do Tema e Objetivos:** Identificação clara do problema e dos objetivos do estudo.
2. **Seleção dos Especialistas:** Escolha criteriosa dos especialistas participantes, garantindo diversidade de experiências e conhecimento.
3. **Elaboração do Primeiro Questionário:** Desenvolvimento do questionário inicial com base na revisão da literatura e consultas preliminares.
4. **Primeira Rodada de Questionamentos:** Aplicação do questionário inicial e análise das respostas.
5. **Feedback e Elaboração do Segundo Questionário:** Compilação dos resultados da primeira rodada e criação de um novo questionário para a segunda rodada.
6. **Rodadas Subsequentes:** Repetição do processo até que se atinja um consenso ou estabilização das respostas.
7. **Análise Final e Interpretação dos Resultados:** Análise detalhada das respostas finais para formar as conclusões do estudo.
8. **Documentação e Divulgação dos Resultados:** Registro dos resultados e divulgação aos participantes e à comunidade científica.

O Método Delphi permite a obtenção de um consenso informado entre especialistas, e pode servir como uma base sólida na busca de consenso por conceitos em uma situação de alta complexidade e variações de vocabulários.

Embora exista uma sequência lógica estabelecida, a implementação do método Delphi não segue uma metodologia rígida. Isso se aplica aos tipos de questionários utilizados, ao número de rodadas e à quantidade de especialistas envolvidos, que podem variar amplamente de uma aplicação para outra.

### 3.11 ONTOLOGIA NOS CORPOS DE BOMBEIROS

Diversas ontologias já foram desenvolvidas anteriormente tratando sobre o domínio de situações de atendimento dos Corpos de Bombeiros. De uma maneira geral, estas ontologias estão relacionadas com gestão de emergências, interoperabilidade entre agências e consciência situacional acerca de uma situação de emergência ou incêndio.

Como exemplo, tem-se algumas ontologias que abordam conceitos relacionados à gestão de emergências sob o viés da consciência situacional durante eventos de crises em andamento, para subsidiar os bombeiros e agências que atuarão na emergência de informações mais precisas sobre o cenário a ser enfrentado. É o caso da ontologia proposta por Guyo, Hartmann e Snynders (2023), que visa fornecer informações essenciais a bombeiros durante incêndios em edifícios. Na mesma linha, porém em um nível mais abrangente quanto aos tipos de crises (além dos incêndios), a Ontologia “DoRES” (Burel *et al*, 2017) propõem lidar com informações críticas durante crises de emergência, se baseando na análise de estruturas de plataformas de conscientização situacional.

Outra ontologia com finalidade semelhante é a “Empathi” (Gaur *et al*, 2019), que visa representar conceitos essenciais no domínio da gestão de emergências durante crises de risco, tendo sido projetada para capturar e integrar informações diversas de várias fontes e poder acessá-las de modo online, fornecendo uma base conceitual para a compreensão e gestão de situações de emergência.

De modo mais específico, mas ainda com foco na melhora da consciência situacional dos respondedores de uma emergência, o trabalho de Silva *et al* (2017) apresenta o desenvolvimento de uma ontologia que agrega informações sobre a qualidade dos dados para melhorar a representação das situações de incêndios florestais. Um estudo de caso demonstra a

aplicabilidade da ontologia na gestão da qualidade dos dados. Os resultados mostram um modelo completo de representação semântica, capaz de lidar com instâncias de dados e avaliá-las quanto à qualidade da informação.

Outras ontologias estabelecem seu foco de visão no compartilhamento de informações entre agências distintas, como corpo de bombeiros, polícia e agências de emergência em saúde, para atuarem de modo interoperável durante um evento de crise. É o caso do estudo de Liu *et al* (2011), que aborda a questão da heterogeneidade semântica na gestão de emergências e explora o uso de ontologias como uma possível solução para esse problema. Um estudo de caso é apresentado para ilustrar a aplicação prática da ontologia na resolução da heterogeneidade semântica em situações de emergência.

Já Saad, Hindriks e Neerincx (2018) apresenta uma ontologia que facilita a colaboração entre humanos e robôs em esforços de Busca e Resgate Urbano. A ontologia fornece um vocabulário comum para compartilhar dados e automatizar a gestão de tarefas, sendo avaliada com a participação de bombeiros.

Scherp *et al* (2011) também realizaram um estudo sobre ontologia para interoperabilidade em situações de emergências. Porém o foco de preocupação foram os sistemas utilizados pelos despachadores de recursos operacionais das centrais de operações dos órgãos respondedores de emergências. O estudo aborda a integração de sistemas de informação distribuídos e heterogêneos, destacando a importância de ontologias de núcleo (*core ontologies*) para modelar o conhecimento estruturado de forma precisa e modular.

Bitencourt *et al* (2015), também estudou os sistemas utilizados nas centrais, mas com o objetivo de estabelecer um protocolo de consciência situacional sobre as informações recebidas na central acerca de um incêndio, visando apoiar o compartilhamento de conhecimento, avaliação e revisão dos protocolos usados, contribuindo para o planejamento tático e estratégico de organizações.

Ainda sobre gestão de emergências, muitas ontologias foram desenvolvidas para tratar de parte específica do domínio. Como exemplo tem-se ontologias desenvolvidas sobre incêndios florestais (Kalabokidis, Athanasis e Vaitis, 2011; Sirina, 2021; Masa *et al*, 2022); comunicação de alerta em situações de emergência (Malizia *et al*, 2010); rotas de evacuação em edifícios (Onorati *et al*, 2014; Neto *et al*, 2021), segurança e prevenção contra incêndio (Fitkau, 2021), análise de riscos em edifícios durante incêndios (Tay, Kubota, Botzheim); atuação da comunidade em situações de incêndios (Liu *et al*, 2011) e construção de planos de emergência (Ferreira, 2013).



Importante também destacar o trabalho de Nikulina *et al* (2019) sobre o estado da arte das Ontologias de domínio relacionadas às atividades de bombeiros. Os autores abordam pesquisas recentes sobre o desenvolvimento de 05 (cinco) ontologias de segurança contra incêndios (Fire Ontology; Fire Ontology Network; SWEET; EmergencyFire; Community-Based Fire Management) destacando várias aplicações em incêndios florestais, gestão de riscos, incêndios em edifícios e visualização de fumaça. Os autores enfatizam a importância da disponibilidade e escopo de uso das ontologias e fornecem critérios para compará-las.

De todo modo, todos os estudos e ontologias apresentados acima buscam tratar o domínio da atuação do bombeiro durante um evento de crise, e não a análise dos dados registrados após conclusão da resposta, com o objetivo de retroalimentar o ciclo operacional de bombeiro, que é o foco principal desta dissertação.

Sobre esse subdomínio, foram encontrados apenas 02 (dois) estudos que focaram em desenvolver ontologias para analisar dados de registros administrativos das ocorrências já atendidas pelos Corpos de Bombeiros, conforme se vê a seguir:

### **3.11.1 Uma ontologia de incêndio e emergência para indicadores urbanos**

Rauch e Fox (2017) abordaram uma ontologia para representar conceitos relacionados aos serviços de combate a incêndios e resposta a emergências, com foco em indicadores definidos pela norma ISO 37120. A norma define 100 (cem) indicadores para medir o desempenho das cidades, e 6 (seis) estão relacionados aos serviços de combate a incêndios e emergências.

A ontologia proposta representa os conceitos relacionados a dados de registros administrativos de ocorrências atendidas pelos corpos de bombeiros, como mortes por incêndio, mortes relacionadas a desastres naturais e tempo de resposta dos serviços de emergência.

Com a ontologia é possível criar ferramentas automatizadas para apoiar a análise longitudinal e transversal de cidades com base nesses indicadores. A ontologia é utilizada para representar as definições dos indicadores ISO 37120 relacionados a incêndios e emergências, permitindo responder a perguntas e realizar análises relevantes nesse contexto.

### **3.11.2 Sistema de extração de informações por meio da transformação de dados de texto não estruturados de relatórios de incêndio.**

Considerando que nos relatórios de incêndio, boa parte das informações valiosas são incluídas em formato de texto nas narrativas, como dados não estruturados, Mironczuk (2017) levanta a questão de como podemos revelar informações preciosas das partes narrativas dos relatórios, as quais frequentemente passam despercebidas aos olhos dos analistas.

O conceito de extração de informações e o sistema correspondente para análise de dados que se encontram fora dos esquemas hierárquicos tradicionais representam um desafio estimulante tanto para pesquisadores quanto para profissionais da área. Além disso, a discussão abrangente e propostas sólidas relacionadas a esses sistemas no contexto dos serviços de resgate ainda são insuficientes. Portanto, o autor apresenta de maneira minuciosa e sistemática a maneira pela qual os sistemas de extração de informações transformam os dados textuais não estruturados contidos nos relatórios de incêndio em informações organizadas de maneira coerente.

Embora o autor não apresenta uma ontologia formal sobre o tema, o processo apresentado representa uma série de categorizações, classificações e hierarquização, bem como conceitos e relacionamentos que estão intrinsecamente relacionados com a construção de ontologias.

Com base nas duas ontologias discutidas, podemos identificar que nenhum dos trabalhos utilizou a Ontologia de forma ampla para contemplar o domínio pleno dos registros de ocorrência dos corpos de bombeiros, o que pode ser melhor delineado a partir de uma Rede de Ontologias, devido à complexidade e abrangência do domínio.

## 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo apresenta a concepção filosófica da pesquisa, o método escolhido para seu desenvolvimento e os procedimentos metodológicos.

### 4.1 CONCEPÇÃO FILOSÓFICA E MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho de dissertação enquadra-se na concepção filosófica pragmática. Segundo Creswell (2010), esta concepção é centrada no problema, mas orientada para a prática no mundo real.

Quanto ao método, trata-se de uma pesquisa tecnológica. O conhecimento tecnológico foi tratado por Simon (1996) como a “ciência do artificial”, defendendo a tecnologia como o campo do conhecimento para produção de artefatos, à luz do conhecimento científico. O autor distingue a “ciência do natural”, orientada para a observação e descrição dos objetos ou fenômenos do mundo, da “ciência do artificial”, ou “ciência do projeto” - *Design Science*, orientada para a concepção de artefatos baseados em projetos que realizem objetivos humanos.

Portanto, a concepção deste estudo está no campo da pesquisa tecnológica e pragmática, propondo o estabelecimento de ciclos de conhecimento, com a criação de artefatos, fundamentados na ciência, capazes de solucionar problemas reais, e, devido ao rigor metodológico imposto, de produzir conhecimento generalizável.

Simon (1996), afirma que os artefatos são objetos artificiais caracterizados que são operacionalizados como uma interface entre ambiente interno (a própria organização) e o ambiente externo (condições em que o artefato funcionará), de forma a atender determinados objetivos. Qualquer coisa projetada para alcançar um objetivo pode ser um artefato.

Vaishnavi e Kuechler Jr (2015) elenca um rol de tipos artefatos, incluindo constructos, modelos, métodos, instanciações, framework (guia ou suporte), arquitetura (sistemas de estrutura de alto nível), princípio de projeto (princípios e conceitos chave para guiar um projeto) e teorias de projeto (instruções prescritivas de como fazer algo para alcançar um objetivo).

Para March e Smith (1995), Constructos são os conceitos que formam determinado vocabulário em uma área de atuação, enquanto que modelos são proposições ou declarações que estabelecem as relações entre os constructos.

Considerando o conceito utilizado nesta pesquisa para Ontologia, que se refere a um conjunto de conceitos e relações que são pertinentes na articulação e análise de um fenômeno do mundo real, será utilizado nesta pesquisa a Ontologia como um modelo.

Considerando o Objetivo Geral da pesquisa, cujo foco é desenvolver uma abordagem, agora reconhecida como artefato ou modelo, para solucionar os problemas da falta de integração de dados de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares, a Metodologia do *Design Science Research* (DSR) será a principal base metodológica desta pesquisa.

Dentre as diversas ramificações de metodologias e modelos relacionados ao DSR, destaca-se o desenvolvido por Peffers *et al* (2007), uma vez que se trata dos métodos mais citados e importantes nas publicações recentes (PIMENTEL, FILIPPO, SANTORO, 2018). A metodologia DSR, ou DSR-Methodology, proposta por Peffers *et al* (2007), estabelece um mapeamento de 6 passos para a DSR: (1) identificação de problemas e motivação, (2) definição dos objetivos para uma solução, (3) design e desenvolvimento, (4) demonstração, (5) avaliação e (6) comunicação.

Desta forma, o Quadro 4 apresenta as etapas da metodologia DSR bem como sua relação direta com os objetivos específicos deste trabalho e o capítulo em que foram trabalhados.

Quadro 4 - Relação da Etapa DSR e o Objetivo Específico do Trabalho a ser alcançado

Nº	ETAPA DSR	OBJETIVO ESPECÍFICO DO TRABALHO	CAPÍTULO
1	Identificação de problemas e motivação	Determinar um framework que relacione dados, informações e conhecimentos acerca das ocorrências atendidas pelos corpos de bombeiros militares aos processos de gestão do conhecimento para melhoria contínua do ciclo operacional de bombeiro.	Capítulos 1 e 2
2	Definição dos objetivos da solução a ser encontrada	Identificar métodos e ferramentas para a integração de dados, informações e conhecimentos.	Capítulo 3
3	Design e desenvolvimento	Propor um modelo conceitual para integração de dados, informações e conhecimentos de ocorrências dos corpos de bombeiros militares do Brasil	Capítulo 5
4	Demonstração e Avaliação	Validar e avaliar o modelo proposto utilizando dados, informações e conhecimentos reais das ocorrências dos corpos de bombeiros militares do Brasil, assegurando a precisão e aplicabilidade do artefato produzido.	Capítulo 6
5	Comunicação	Transversal	Banca, publicações e apresentação em seminários científicos e institucionais

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

As etapas de Desing, Desenvolvimento, Demonstração e Avaliação, estão diretamente relacionadas com a metodologia utilizada para o desenvolvimento do artefato/modelo que será detalhada a seguir.

#### 4.2 METODOLOGIA ESCOLHIDA PARA CONSTRUÇÃO DOS ARTEFATOS

Conforme especificado no Capítulo 3, a Ontologia é o artefato tecnológico de representação do conhecimento mais adequado para garantir a interoperabilidade semântica e servir de base para a integração de dados, informações e conhecimentos almejada no Objetivo Geral desta pesquisa. Assim, a proposta denominada de Rede de Ontologias para o Processo de Atendimento de Ocorrências do Corpo de Bombeiros Militares (OCOB-ON) foi desenvolvida e apresentada no capítulo 5. Além disso, parte da Rede de Ontologias foi implementada em linguagem operacional, como forma de demonstrar todo o ciclo de desenvolvimento.

Para a elaboração da proposta, foi utilizada uma combinação das metodologias de desenvolvimento de Ontologias, como análise de documentação e entrevistas informais para a etapa de aquisição de conhecimento; METHONTOLOGY (CORCHO, GOMEZ-PEREZ E LOPEZ, 2004) e guia *Ontology Development 101* (NOY; MCGUINNESS, 2001) para o desenvolvimento da Ontologia, além das ferramentas Ontokem (OSTUNI-GAUTHIER *et al*, 2010) e Protégé Schema (MUSEN, 2015). Por fim, foi utilizado questionário através de Formulários Google, para avaliar, por meio de especialistas, e manter a Ontologia Desenvolvida.

A Figura 12, resume e identifica as diversas etapas do processo metodológico utilizado, assim como as ferramentas adotadas para construção da ontologia de conhecimento proposta.

Figura 12 - Etapas do processo metodológico e ferramentas utilizadas na construção da ontologia proposta

AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO	ESPECIFICAÇÃO	CONCEITUALIZAÇÃO	FORMALIZAÇÃO	IMPLEMENTAÇÃO	VALIDAÇÃO	AVALIAÇÃO E MANUTENÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos</li> <li>Processos</li> <li>Termos</li> <li>Conceitos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propósito</li> <li>Escopo</li> <li>Requisitos (Questões de Competência)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Listar Termos</li> <li>Definir Classes</li> <li>Definir Relações</li> <li>Definir Propriedades</li> <li>Definir Restrições</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exportar para linguagem computacional (OWL)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criar Instâncias</li> <li>Valorar Propriedades</li> <li>Valorar Relações</li> <li>Valorar Restrições</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checar Inferências</li> <li>Checar Consistência</li> <li>Checar Consultas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliar segundo requisitos</li> <li>Avaliar com usuários (Especialistas)</li> </ul>
Análise de Documentação e Entrevistas Informais		ONTOKEM		PROTÉGÉ		Questionário (Google Forms) Método Delphi

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na fase de aquisição de conhecimento e especificação, foram analisados manuais, diretrizes e instruções dos Corpos de Bombeiros Militares, além de normativos nacionais e internacionais. Entrevistas informais com bombeiros militares, especialistas em atendimento e despacho de ocorrências, e especialistas em TI também foram conduzidas. A experiência do pesquisador na gestão emergencial e desenvolvimento de softwares de registros de ocorrências contribuiu significativamente para estas fases.

Para as próximas fases, foi escolhida apenas uma das Ontologias propostas na Rede OCOB-ON, a Ontologia das Naturezas de Ocorrências - ONAT. Utilizou-se OntoKEM para a conceitualização de termos, vocabulários, definições de relações, propriedades e restrições.

A ferramenta facilitou a criação de vocabulários e a documentação do processo, gerando artefatos para a comunicação. Por meio da funcionalidade de exportação em OWL, foi possível iniciar a formalização da Ontologia que se seguiu no Protégé.

A ontologia foi implementada no Protégé, onde foram criadas instâncias e realizados ajustes. *Reasoners* como Hermit e Pellet foram usados para checar inferências e consistências, enquanto o plugin SPARQL permitiu realizar consultas e checar às respostas das questões de competência.

Parte da ontologia foi avaliada através de um questionário no estilo método Delphi, aplicado para 12 especialistas em gestão de dados, informações e conhecimentos dos Corpos de Bombeiros Militares de diversos estados da federação. Os questionários foram enviados via ferramenta online do Google Forms, permitindo a coleta de feedback detalhado para refinamentos contínuos.

## 5 PROPOSTA E ANÁLISE DE RESULTADOS

Para a elaboração da proposta, adotou-se uma metodologia fundamentada nas etapas delineadas pelo Guia Metodológico 101 (NOY; MCGUINNESS, 2001) e pela Metodologia Methontology (GOMEZ-PEREZ, 1996), utilizando, posteriormente, o OntoKEM (Ontologies for Knowledge Engineering and Management) e o Prótegé como suporte para construção e documentação de uma das Ontologias da rede proposta.

Assim, antes de iniciar as etapas lineares de desenvolvimento de ontologias, buscou-se a primeira atividade de suporte indicada pela Metodologia METHONTOLOGY: a Aquisição de Conhecimento.

### 5.1 AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO SOBRE O DOMÍNIO

A aquisição de conhecimento é uma atividade contínua que suporta várias fases do desenvolvimento da ontologia. Ela envolve a coleta sistemática e a análise de informações a partir de fontes como especialistas no domínio, literatura existente, e outras ontologias.

Para tal fim, foram realizadas análises na documentação provida pelos Corpos de Bombeiros Militares, que incluíram manuais, diretrizes e instruções, bem como análise de normativos nacionais e internacionais sobre o tema, e, principalmente, entrevistas informais com bombeiros militares, especialistas no atendimento e despacho de ocorrências e/ou especialistas em tecnologia da informação, além de contar com a experiência do próprio pesquisador, que atuou e atua na gestão emergencial de recursos operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, e no desenvolvimento de softwares de registros de atendimentos de ocorrências na Secretaria Nacional de Segurança Pública.

Utilizando como base o referencial estudado no capítulo 2 sobre a atuação operacional dos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil, foi possível identificar o macroprocesso reconhecido como *framework* do Ciclo Operacional de Bombeiro.

Inserido neste macroprocesso, foi analisado o processo de atendimento de uma ocorrência na fase de resposta do ciclo operacional. Nessa fase, por meio do atendimento de uma ocorrência típica de bombeiro militar, tem-se um processo complexo que pode ser dividido em vários subprocessos auxiliares que se inicia com a alteração da situação de normalidade provocada por um evento causador e que pode ser classificada por uma natureza. Esta alteração

da normalidade, denominada ocorrência, se interliga de forma sequencial, ou não, com os demais subprocessos, sendo eles: descoberta do evento; realização do chamado de emergência ao Centro de Atendimento Emergencial; registro do chamado e do despacho de recursos operacionais; deslocamento das equipes; intervenção das equipes em campo; controle do evento; e finalizando com o subprocesso de desmobilização, retorno e registros administrativos sobre o atendimento da ocorrência.

Deste modo, foi necessário analisar todo o macroprocesso, incluindo seus processos e subprocessos principais, identificando os dados e informações que permeiam esses processos, assim como os principais atores envolvidos.

Por meio destas análises, foi possível primeiro estabelecer as descrições negociais dessas atividades para depois estrutura-las em modelos, e aí sim, modularizar e identificar as ontologias em rede relacionadas que devem ser desenvolvidas.

### **5.1.1 Descrições Negociais**

#### *5.1.1.1 Corpos de Bombeiros Militares*

Os **Corpos de Bombeiros Militares** são Instituições militares, permanentes, pertencentes aos Estados e ao Distrito Federal (podendo pertencer a Territórios, se for o caso), vinculadas ao sistema de governança da política de segurança pública, aos quais cabem: a proteção dos direitos fundamentais no âmbito da defesa civil, a prevenção e o combate a incêndios, o atendimento a emergências relativas a busca, salvamento e resgate, a perícia administrativa de incêndio e explosão e a polícia judiciária militar dos Estados, do Distrito Federal e dos Territórios, com a finalidade de preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, além de outras atribuições previstas em lei.

Possuem estrutura organizacional hierarquizada, contendo, basicamente, órgãos de direção, de assessoramento, de correição e de execução.

Os **órgãos de execução** são **unidades operacionais** ou de atividades técnicas que se destinam à realização das **atividades-fim** da instituição, de acordo com as peculiaridades de cada unidade federada. As regiões, áreas e especialidades de atuação e de responsabilidade de cada unidade são definidas através do Plano de Articulação Operacional da Corporação.



A **atividade fim** da corporação pode ser representada por meio do framework conceitual denominado **Ciclo Operacional de Bombeiro**, composto pelas fases preventiva, estrutural, de combate, investigativa e estratégica.

A **fase estrutural**, além de conter a fiscalização e implementação das medidas preventivas estabelecidas na fase anterior, serve como preparação da **estrutura operacional da corporação** para a fase seguinte.

Esta preparação engloba treinamento e a articulação dos **recursos operacionais** com a definição e preparação das **unidades operacionais, equipes de serviço ou guarnições, efetivo, viaturas e equipamentos**.

**Recursos operacionais** são a disponibilidade tática de recursos humanos e logísticos do Corpo de Bombeiros Militar em suas unidades operacionais, para o atendimento eventual de uma Ocorrência, enquanto emprego operacional é quando tais recursos disponíveis são utilizados em uma ocorrência concreta. Normalmente os recursos são distribuídos na forma de guarnições ou conjunto de guarnições.

**Guarnição**, também conhecida como equipe, é a menor unidade tática Bombeiro Militar, composta por efetivo e equipamentos, para atendimento de ocorrências e tripulação de viaturas, sendo indivisível para o empenho operacional e possuindo comando próprio. As guarnições são identificadas pela viatura que tripularem e pelas atividades que executarem.

Na fase seguinte à estrutural do Ciclo Operacional, a **fase de combate**, também conhecida como fase ativa, é prestado o serviço emergencial, em que os recursos operacionais das unidades, preparados na fase estrutural, são empregados (**emprego operacional**) para o atendimento das ocorrências de bombeiro militar, como extinção de incêndios, realização de salvamentos, resgate de vítimas, entre outros atendimentos emergenciais.

Na fase de combate também são realizados os **registros administrativos** do atendimento, que servirão de insumo para produzir conhecimento útil e apoiar as fases posteriores de investigação e tomada de decisão estratégica.

#### *5.1.1.2 Ocorrência de Bombeiro Militar*

**Ocorrência de Bombeiro Militar** é um fato dinâmico, ocorrido ou em andamento, provocado por um evento causador, nem sempre conhecido, em determinado local, data e hora, que, de qualquer forma, afete ou possa afetar a normalidade da ordem pública e defesa social,

envolvendo pessoas, animais, meio ambiente e até mesmo bens patrimoniais, cuja natureza exige o atendimento do Corpo de Bombeiros Militar por meio do emprego operacional, conforme determinações constitucionais e legais.

**O evento causador** é o fator inicial ou a condição que provoca uma reação em cadeia de eventos, levando a uma ocorrência de natureza que exige resposta imediata para prevenção, mitigação, ou remediação de danos. O evento causador tem data, hora e local definido, específico e no passado, mas que nem sempre será possível de ser identificado. Em uma ocorrência de incêndio, por exemplo, o evento causador pode ser falhas elétricas, atos de incêndio criminosos, entre outros.

O **local da ocorrência** pode ser um ponto fixo ou dinâmico, sendo representado por um endereço específico, coordenadas geográficas, direções de um ponto de referência reconhecido, ou um cruzamento de duas estradas. Quando o local da ocorrência é fixo ele coincide com o local do evento causador.

O evento causador possui tempos data/hora, ou seja, dia, mês e ano e hora específica de acontecimento, que nem sempre é possível aferir. Entretanto, os **tempos da ocorrência** são dinâmicos, podendo ser divididos em alto nível como tempos do: evento causador; descoberta; chamada; chegada do recurso operacional; controle da ocorrência; desmobilização.

A ocorrência é classificada de acordo com sua natureza. A **natureza da ocorrência** refere-se à essência ou ao fato principal em andamento que requer a intervenção do Corpo de Bombeiros Militar. Esta natureza é definida pelo tipo de emergência ou incidente que ocorreu, como um incêndio, um acidente veicular, uma pessoa presa em ambiente confinado, entre outros. A natureza da ocorrência ajuda a determinar os protocolos iniciais de resposta, os recursos necessários e as prioridades de atuação. Ela é essencial para o entendimento inicial do evento e para o planejamento da resposta operacional.

A resposta a uma ocorrência dada pelo Corpo de Bombeiros é reconhecida como o **Atendimento da Ocorrência**, caracterizado pela intervenção dos recursos humanos e logísticos da corporação, conforme definido em suas missões constitucionais e legais.

Existe uma relação intrínseca entre a natureza da ocorrência e o **tipo de atendimento**. A natureza da ocorrência influencia diretamente a natureza do atendimento, pois as decisões sobre quais recursos mobilizar, quais estratégias adotar e que tipo de especialização é necessária são baseadas na compreensão da ocorrência.

Ainda sobre a natureza da ocorrência, pode ser classificada quanto ao momento de sua identificação como Inicial e Final. A **natureza inicial** corresponde à descrição ou ao tipo de

ocorrência comunicado pelo solicitante durante o chamado de emergência. Dada a natureza do relato, muitas vezes feito por pessoas em situação de estresse ou sem conhecimento técnico, a natureza inicial pode ser imprecisa ou baseada em percepções limitadas do evento. A natureza inicial serve como orientação preliminar para o despacho dos recursos de emergência, mas está sujeita a confirmação e ajustes. Após a chegada no local e a avaliação direta da situação pelos profissionais qualificados, a natureza da ocorrência é confirmada ou corrigida, estabelecendo-se **a natureza final**. A natureza final é utilizada para o registro oficial da ocorrência, para análises estatísticas, e para revisões de desempenho e qualidade dos serviços prestados.

As ocorrências podem envolver pessoas, animais, meio ambiente e bens. Estas categorias de envolvimento podem ser conceituadas de modo amplo ao específico.

**Pessoas:** esta categoria engloba todos os aspectos relacionados à segurança, saúde e bem-estar de indivíduos e comunidades. Inclui o resgate e a assistência a pessoas em situações de emergência, atendimento pré-hospitalar, evacuação de áreas de risco, até o suporte em situações de desastres que afetam grandes grupos populacionais. A saúde pública também se enquadra aqui, considerando os impactos coletivos sobre comunidades durante e após as ocorrências.

**Bens:** Refere-se à proteção e salvamento de propriedades materiais e ativos econômicos tangíveis e intangíveis de valor para a sociedade. Inclui ações para preservar edificações, veículos, infraestruturas críticas, estabelecimentos comerciais e industriais, e qualquer outro tipo de propriedade tangível. O patrimônio cultural, com seu valor histórico, artístico ou simbólico, também se enquadra nesta categoria, assim como os aspectos econômicos relacionados aos impactos sobre negócios e a economia local ou regional.

**Animais:** Esta categoria é dedicada ao bem-estar dos animais, abrangendo tanto animais de estimação quanto fauna selvagem. Inclui o resgate de animais em perigo, assistência a animais feridos e ações para mitigar o sofrimento animal em diversas situações de emergência. Também inclui a gestão de situações em que animais representam perigo para humanos, incluindo a contenção de animais perigosos e prevenção de acidentes relacionados a eles.

**Meio Ambiente:** Concentra-se nos impactos das ocorrências sobre os componentes naturais, como ar, água, solo, flora e fauna silvestre. Esta categoria abrange ações para combater e mitigar incêndios florestais, controlar vazamentos de substâncias que possam contaminar o ambiente, limpeza de áreas afetadas por desastres naturais ou antropogênicos, e esforços para restaurar ambientes danificados.

### 5.1.1.3 Atendimento de Ocorrência

O **atendimento da ocorrência** é o conjunto de ações e procedimentos executados por meio do emprego operacional dos Corpos de Bombeiros Militares em resposta a uma emergência notificada, abrangendo diversos tipos de atendimento, conforme a natureza e complexidade da ocorrência. Trata-se de um processo complexo que se inicia após a **descoberta** da mesma, com o **chamado** realizado por um **solicitante** aos **canais de emergência da corporação**, independente do meio, desencadeando uma série de subprocessos para **registro do chamado, triagem, decisão sobre recursos a serem despachados, acionamento das equipes, deslocamento** até o local da ocorrência, **intervenção** das equipes em campo, **controle e mitigação** do evento, **desmobilização, retorno** e **registro** de informações.

O **chamado** de uma ocorrência é toda solicitação demandada ao Sistema de Atendimento de Emergências dos Corpos de Bombeiros Militares, normalmente por meio do tridígito telefônico emergencial (193), que requeira, ou não, a intervenção emergencial da corporação. Os chamados que exigem a intervenção emergencial são classificados como ocorrências, os demais podem ser classificados como trote, pedido de informação, público interno e outros.

Durante o chamado, são coletadas e registradas informações vitais, como data/hora e local, natureza da ocorrência, e os envolvidos, sejam pessoas, animais, meio ambiente ou bens, além de outras informações que auxiliam a classificação do chamado e distribuição do mesmo para a área e região de atuação da corporação responsável pelo atendimento. Essa responsabilidade pode ser definida pelo critério geográfico, de acordo com o local da ocorrência, ou pelo critério da especialização, de acordo com a natureza da ocorrência, conforme definido previamente no Plano de Articulação da corporação ou outras diretrizes correlatas.

Essas informações coletadas no chamado são cruciais para determinar o **tipo de atendimento** bombeiro militar será necessário, que pode variar desde combate a incêndios e atendimento pré-hospitalar até operações de busca e salvamento e intervenções em ocorrências envolvendo materiais perigosos ou defesa civil.

Após registro e distribuição do chamado é realizado o **Despacho de Recursos Operacionais** para o atendimento da ocorrência. O processo de despacho contempla várias etapas como priorização das ocorrências, coleta de informações complementares, escolha dos

recursos adequados para montagem e empenho do trem de socorro, acionamento das unidades operacionais ou diretamente dos recursos operacionais, acompanhamento e direcionamento das equipes durante o deslocamento, acionamento de outros órgãos para apoio, entre outras coisas.

Os processos de atendimento do chamado e despacho de recursos operacionais normalmente é auxiliado por um software específico.

Entre o acionamento e o deslocamento, ocorre o processo de **prontidão**, em que os bombeiros militares acionados se preparam, vestem equipamentos de proteção, entre outras checagens necessárias antes de iniciar o deslocamento.

O **deslocamento** para o local da ocorrência é o processo em que os recursos operacionais saem das bases (quarteis) de suas unidades operacionais e se deslocam até o local da ocorrência. Neste processo também é realizado contato com a central de atendimento e despacho na busca por informações complementares sobre a ocorrência de forma a iniciar o planejamento da operação de intervenção.

No local, o tipo de atendimento se concretiza em ações específicas, fase esta denominada Intervenção, em que consiste na montagem do teatro operacional, uso de equipamentos de bombeiros, e realização de uma série de ações, definidas em procedimentos operacionais padrão e adaptadas às condições encontradas, visando controlar a situação e minimizar seus impactos.

Após o **controle** da ocorrência, ainda é necessária uma série **de ações pós-controle**, como rescaldo nas ocorrências de incêndio, para assegurar a estabilização completa da situação.

Finalmente, a operação é encerrada com a desmobilização e o retorno das equipes, em conjunto com o registro detalhado de todas as atividades e resultados, que servirá como documentação vital para análises posteriores e aprimoramento contínuo dos serviços prestados.

#### *5.1.1.4 Registro administrativo do atendimento de ocorrência*

O registro administrativo é um processo sistemático e essencial dentro das operações dos Corpos de Bombeiros Militares, responsável por documentar de forma detalhada e precisa a situação da ocorrência antes, durante e depois do atendimento, os recursos operacionais empregados e tempos da ocorrência e detalhes sobre o atendimento da ocorrência em si, como ações e procedimentos utilizados. Ele serve como um registro histórico confiável do atendimento para garantir a transparência, possibilitar prestação de contas, facilitar análise e o

aprimoramento contínuo das operações, sendo fundamental para a gestão do conhecimento, a responsabilização e o planejamento estratégico dentro da corporação.

O registro administrativo também é conhecido como Boletim de Ocorrência, Boletim de Atendimento, Relatório de Atendimento, Boletim Unificado, Boletim Integrado entre outras nomenclaturas, a depender da Unidade da Federação.

O Registro Administrativo, embora seja uma etapa do processo de atendimento de ocorrência, faz jus a uma descrição negocial própria, tendo em vista permear por dados e informações gerados no âmbito do atendimento da ocorrência, porém de forma direcionada a um propósito específico.

O registro administrativo não captura indiscriminadamente todos os dados gerados durante o atendimento de uma ocorrência, mas sim seleciona e documenta informações estrategicamente relevantes para propósitos futuros de análise, aprendizado e melhoria contínua. Essa seleção é guiada por critérios definidos com base na experiência, nas necessidades operacionais e nos objetivos estratégicos da instituição, garantindo que os dados registrados sejam aqueles que efetivamente contribuem para a retroalimentação do ciclo operacional de bombeiros.

Portanto, é fundamental assegurar que as informações armazenadas sejam pertinentes, úteis para revisões operacionais, avaliações de desempenho, planejamento de treinamentos e decisões estratégicas, e que possibilitem a instituição a aprender com as experiências passadas, aprimorar constantemente suas práticas e a elevar o padrão de suas respostas a emergências.

No processo de especificação de ontologias, que será exemplificado mais adiante, é possível identificar quais são as questões de competência que devem ser respondidas estrategicamente, o que auxilia nesta identificação dos dados e informações pertinentes a serem registrados, armazenados, compartilhados e integrados.

### **5.1.2 Estruturação das descrições em modelos**

Após realizado o levantamento das informações sobre o domínio da ocorrência e do atendimento de uma ocorrência por meio do emprego operacional do Corpo de Bombeiros Militar, passamos para etapa de estruturação em modelos negociais de tais informações.

Para estruturar tais modelos, buscou-se representar visualmente os processos envolvidos, de forma a auxiliar no processo de aquisição de conhecimento proporcionando uma visão geral dos dados e como eles se interligam.

Primeiramente foi desenvolvido uma representação (Figura 13) que permite compreender uma visão do domínio sob a ótica de 04 (quatro) grandes entidades que compartilham uma série de dados e informações para o atendimento de uma ocorrência de bombeiro militar: i) a articulação operacional da corporação bombeiro militar; ii) a ocorrência típica de atendimento bombeiro militar; iii) o atendimento da ocorrência; e iv) registro administrativo das ocorrências atendidas.

A articulação operacional de bombeiro militar, conforme visto, apresenta os recursos operacionais disponíveis divididos por áreas e regiões de atuação e especialização. Esta articulação é que definirá, seja pelo critério geográfico ou de especialização, qual recurso deve ser empregado para cada ocorrência existente. Portanto esta articulação fornece dados referente às unidades operacionais, às guarnições, seus efetivos, viaturas e equipamentos, bem como as áreas de atuação responsáveis por cada tipo de ocorrência.

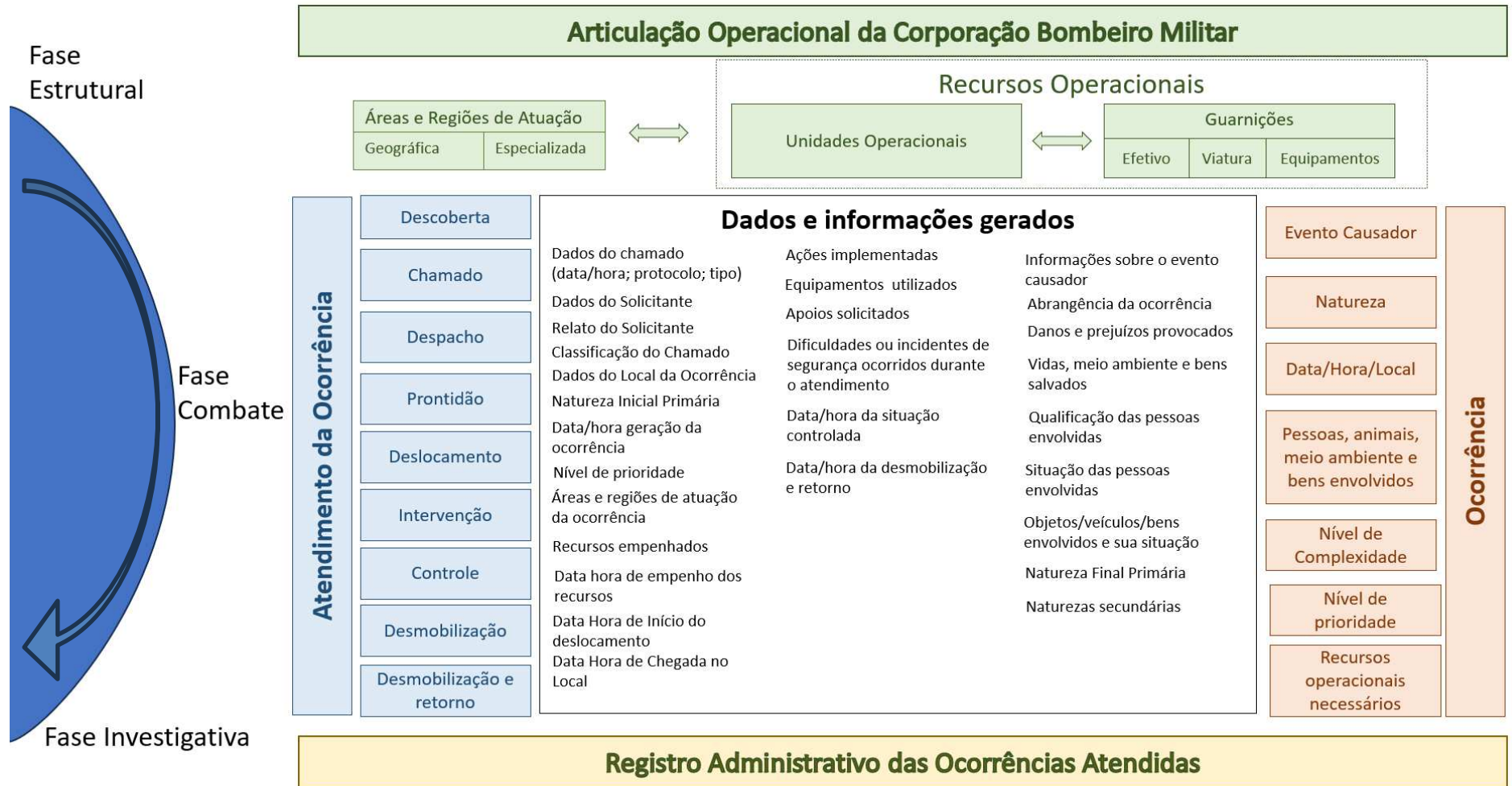
Já a Ocorrência representa um fato do mundo real ocorrido ou em andamento, que enseja a atuação bombeiro militar. As informações da ocorrência definem sua natureza e por consequência, o permitem definir se é ou não uma ocorrência típica bombeiro militar.

Embora a ocorrência seja uma entidade do mundo real, suas informações chegam, inicialmente, ao conhecimento dos corpos de bombeiros por meio de um chamado, que é uma representação da realidade feita por um solicitante e atendida no *call center* do corpo de bombeiros como um primeiro subprocesso do processo de atendimento da ocorrência.

O atendimento da ocorrência, por sua vez, utiliza da articulação operacional necessária e suficiente para solucionar (controlar e mitigar efeitos) da ocorrência em si. Portanto depende dos dados iniciais da ocorrência representados no chamado para a definição de recursos, mas também é influenciado pela ação dos recursos no resultado final da ocorrência, que envolve vidas e bens salvados e prejuízos e danos acumulados.

Por fim, o Registro Administrativo, desempenha um papel crucial na aquisição de conhecimento por meio da seleção, coleta e registro de dados e informações essenciais gerados em cada um dos atendimentos de ocorrência realizados pelos Corpos de Bombeiros Militares.

Figura 13 - Visão Negocial dos Processos, dados e informações do atendimento de uma ocorrência bombeiro militar



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)



## 5.2 ESPECIFICAÇÃO DA REDE DE ONTOLOGIAS OCOB-ON

Conforme estudado no Capítulo 3, as ontologias são uma importante ferramenta para integração e interoperabilidade de dados, informações e sistemas em diversos tipos de cenários.

Conforme previsto na METHONTOLOGY, a Especificação das Ontologias envolve a definição dos propósitos de cada ontologia e a identificação dos seus usuários potenciais. Especifica-se quais questões as ontologias devem ser capazes de responder, estabelecendo assim o escopo e os requisitos de alto nível.

No caso em tela, percebe-se que o processo do atendimento de uma ocorrência é interdependente e está correlacionado com o evento denominado “ocorrência”, bem como com a capacidade de resposta da corporação, estruturado na forma da “articulação operacional”.

Portanto trata-se de um processo negocial complexo, que se torna ainda mais complexo quando pretende-se integrar os dados gerados deste processo entre diversas corporações de bombeiros militares distintas.

Nesta linha, ao invés de uma única ontologia, a abordagem de ontologia em rede é a mais adequada, por permitir uma clara visualização do processo como uma entidade global, além de permitir uma análise minuciosa de cada componente individualmente e reaproveitamento dos conceitos comuns e equivalentes.

Assim, propõe-se neste trabalho o estabelecimento da Rede de Ontologias (ON) para o Processo de Atendimento de Ocorrências do Corpo de Bombeiros Militares (OCOB-ON).

Ao adotar este modelo, tem-se o benefício de realizar o desenvolvimento gradual das ontologias de domínio, permitindo-se a expansão e reutilização de conceitos já estabelecidos, bem como estabelecendo o alinhamento semântico entre os conceitos já utilizados pela rede.

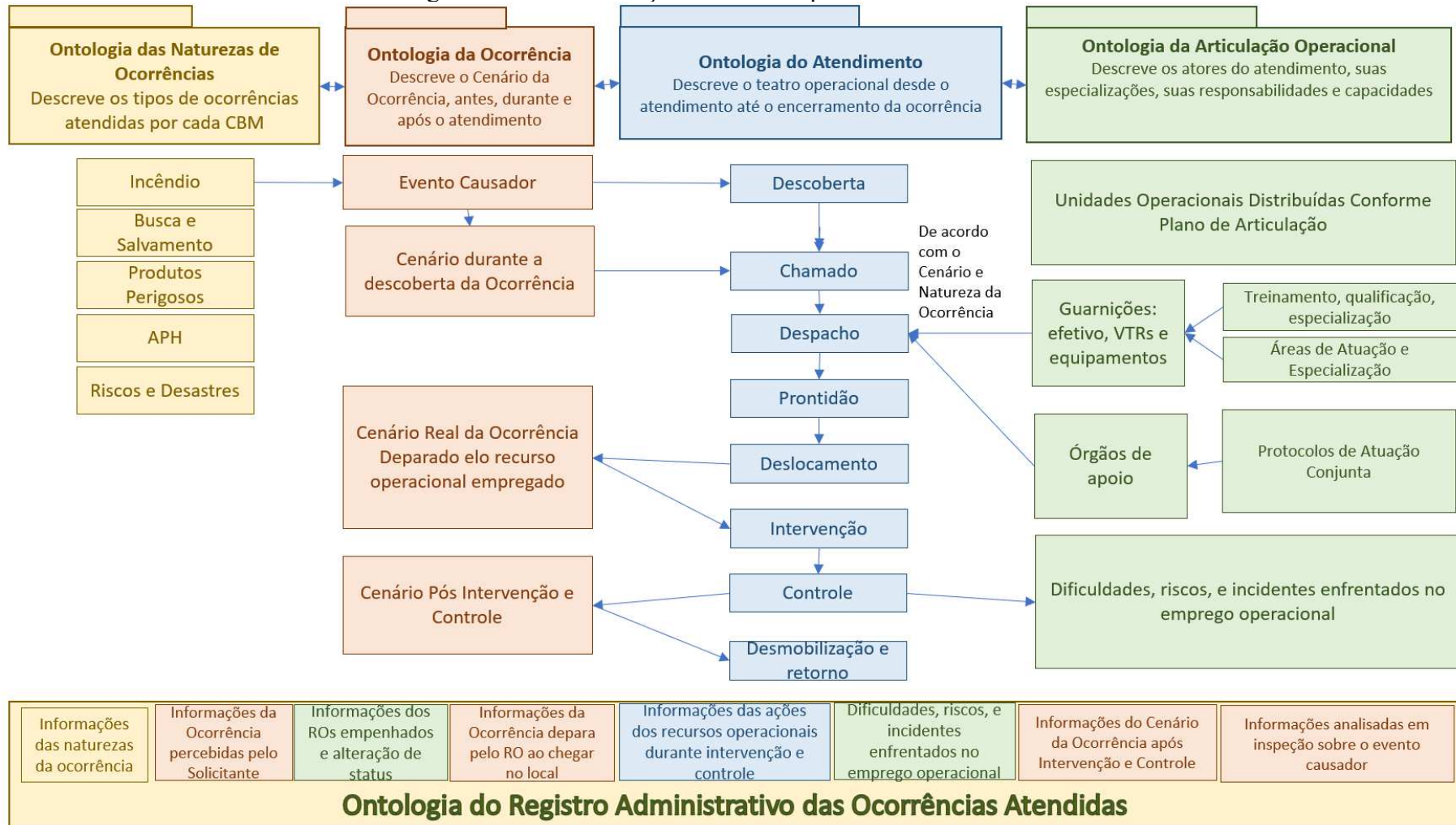
Com isto, espera-se propor a construção de um modelo conceitual consensual acerca dos dados e informações gerados no atendimento de uma ocorrência bombeiro militar, que permita a interoperabilidade entre os sistemas que realizam os registros destes dados e informações, para integrar e compartilhar o conhecimento agregado.

A OCOB-ON como um todo, deve abranger todos os subprocessos do atendimento de ocorrências, as unidades e recursos do Corpo de Bombeiros, a situação do cenário da ocorrência, a inspeção sobre o evento causador, as ações desempenhadas pelos profissionais envolvidos, a situação das vidas e bens envolvidos, entre outras informações que permeiam esses subprocessos. Entretanto, não se espera com este trabalho desenvolver e implementar todas

Ontologias da rede, mas somente uma pequena parte que seja suficiente para demonstrar a eficácia do método.

Utilizando a visão de negócio apresentado na Figura 13 percebe-se as partições de cada subdomínio, o que permite uma modularização da rede de ontologias conforme proposto na Figura 14.

Figura 14 - Modularização orientada a processos da OCOB-ON



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A rede como um todo deve ser capaz de abordar questões de integração que extrapolam as capacidades de uma única ontologia, respondendo a indagações como: (i) "Qual o impacto do tempo decorrido entre a recepção da ocorrência e a chegada da equipe de bombeiros na redução de risco a vida bem como de danos e prejuízos?"; (ii) "Como a articulação operacional dos corpos de bombeiro militar tem impactado na efetividade das estratégias de combate a incêndios em cada região do país?"; (iii) "Qual é a média de tempo entre a identificação do evento causador e o registro do chamado para diferentes naturezas de ocorrências?" iv) "Qual relação entre o número de vidas salvas e prejuízos mitigados e os recursos disponíveis para cada corporação de bombeiro militar; etc.

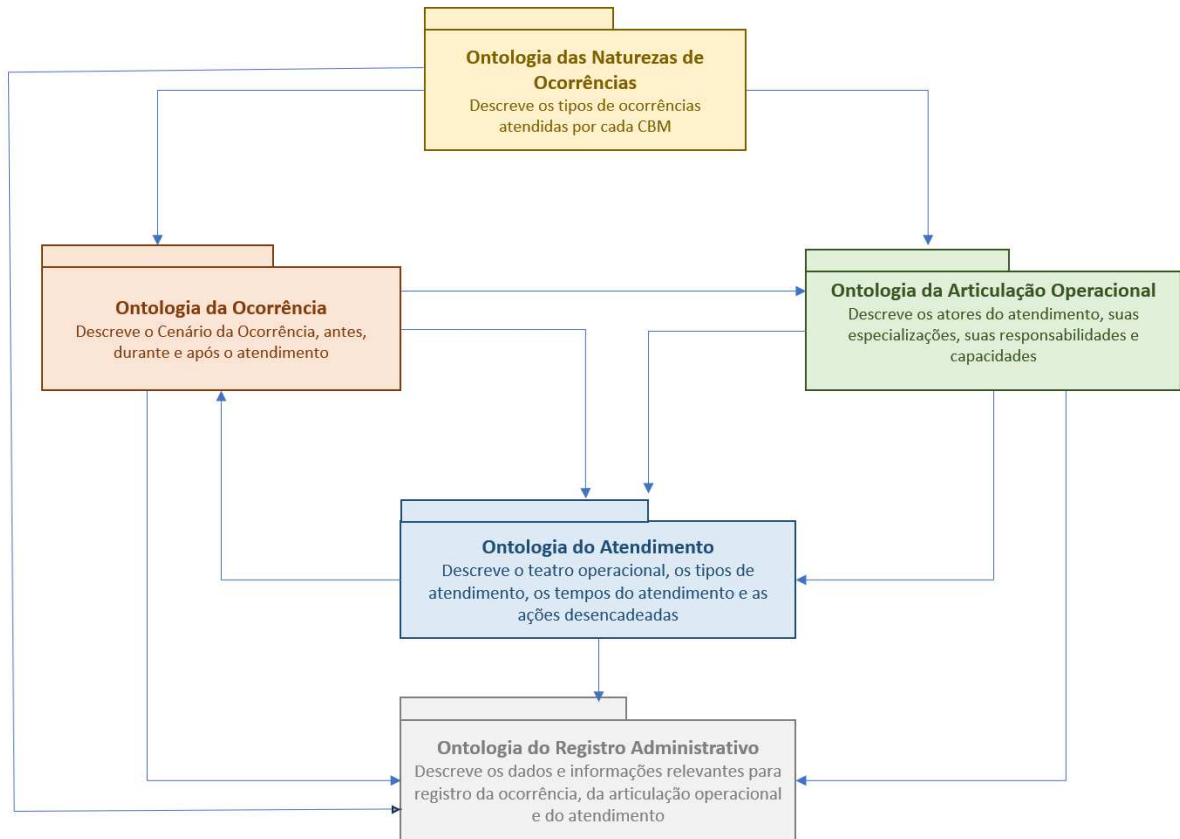
As cores na Figura 14 representam os subprocessos envolvidos no atendimento de ocorrência dos Corpos de Bombeiros, os quais servem como ponto de partida para a modularização dos distintos módulos da OCOB-ON. Importante destacar a interconexão entre as ontologias de domínio estabelecida por meio de relações de dependência. A título de exemplo, para cada tipo de natureza de ocorrência descrita na Ontologia das Naturezas de Ocorrências, define se uma Ocorrência é ou Não do tipo Bombeiro Militar, bem como estabelece a identificação de cenários, a definição de recursos operacionais a serem empregados, os tempos e ações do processo de atendimento, entre outros aspectos de cada uma das ontologias de domínio citadas. Isso evidencia a presença de conceitos entrelaçados nas ontologias de domínio, consolidando a concepção de uma "rede".

Conforme a modularização representada na Figura 14, conseguimos progredir para a Figura 15, onde são apresentadas as relações entre cada uma das Ontologias que compõem a rede ontológica:

- a) Ontologia das Naturezas de Ocorrências (ONAT);
- b) Ontologia da Ocorrência (ONOC);
- c) Ontologia do Atendimento (ONATEN);
- d) Ontologia da Articulação Operacional (ONAO);
- e) Ontologia do Registro Administrativo de Ocorrências Atendidas (ORAOC).

Considerando a rede de ontologias proposta, e a metodologia METHONTOLOGY para a construção de ontologias, será realizada a etapa de Especificação de cada uma das ontologias da rede OCOB-ON com base no conhecimento adquirido e descrito até aqui.

Figura 15 - Relacionamentos entre as ontologias que compõem a rede ontológica OCOB-ON



Fonte: Elaborado pelo (2024)

### 5.2.1.1 Ontologia das Naturezas de Ocorrências (ONAT)

O propósito da **Ontologia das Naturezas de Ocorrências (ONAT)** é fornecer uma estrutura categorizada e sistemática para classificar as ocorrências que os Corpos de Bombeiros Militares (CBMs) atendem no Brasil. Esta ontologia busca refletir as nuances e especificidades das diversas naturezas de ocorrências, alinhadas com a legislação e práticas normativas.

A ONAT estabelece como as naturezas são categorizadas.

Esta Ontologia estabelece uma relação direta com a Ontologia da Ocorrência (ONOC), fornecendo as categorias de ocorrência que serão detalhadas para o mapeamento do cenário da ocorrência.

Também fornece categorias específicas para que seja definido, com base na Ontologia da Articulação Operacional (ONAO), os recursos operacionais vocacionados de acordo com o tipo de atendimento necessário.

Por fim, se relaciona de forma indireta com a Ontologia do Atendimento (ONATEN), uma vez que guia o mapeamento do cenário da ocorrência e dos recursos vocacionados, que serão os parâmetros orientadores para a definição do atendimento.

A ONAT é destinada a ser utilizada para:

- a) estabelecer consenso acerca das categorias de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares, facilitando a comunicação e entendimento comum entre as diversas unidades dos CBMs;
- b) auxiliar na tomada de decisão relativa ao despacho de recursos e no planejamento da resposta a uma ocorrência;
- c) servir de base para registros administrativos, de forma a garantir uma uniformidade e precisão nas análises estatísticas e estratégicas.

Para a proposta da rede de Ontologias OCOB-ON, foram levantadas as questões de competência listadas na Quadro 5 relacionadas à ONAT:

Quadro 5 - Questões de Competência para especificação da ONAT

1	Como identificar a natureza de uma ocorrência?
2	Como as ocorrências são classificadas de acordo com suas naturezas?
3	Como determinar a natureza primária em uma ocorrência complexa que envolve múltiplas naturezas?
4	Como a ontologia facilita a interoperabilidade com outros sistemas de dados e emergência?
5	Existe flexibilidade na ontologia para adaptar-se a novos tipos de ocorrências e mudanças nas práticas operacionais?

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

#### 5.2.1.2 Ontologia da Ocorrência (ONOC)

O propósito da Ontologia da Ocorrência é mapear integralmente o ciclo de vida de uma ocorrência, fornecendo um quadro detalhado que engloba desde a iniciação do evento até a análise pós atendimento da ocorrência. Isso inclui capturar detalhes críticos sobre o contexto espacial e temporal, a natureza do evento, os esforços de resposta e os resultados das intervenções. Inclui fases como pré-atendimento, durante o atendimento e pós-atendimento, abordando detalhes espaciais, temporais, do evento causador e dos resultados pós intervenção.

Ela conecta-se com a Ontologia das Naturezas de Ocorrência ao receber informações sobre as categorias específicas de naturezas de ocorrência que devem ser atendidas pelos CBMs, com base em sua legislação e atos normativos.

A Ontologia da Ocorrência também possui uma relação bidirecional com a Ontologia do Atendimento, uma vez que recebe destas informações sobre o cenário pré-atendimento, orientando as decisões operacionais durante o atendimento, bem como enriquece a descrição do cenário pós-atendimento, fornecendo insights sobre os resultados e desdobramentos da intervenção operacional.

ONOC é destinada a ser utilizada para:

- a) fornecer acesso a informações estruturadas sobre a situação das ocorrências para todos os envolvidos no processo de atendimento emergencial, antes, durante e após o atendimento;
- b) orientar a tomada de decisão durante as fases do atendimento de emergência, do despacho de recursos à conclusão do atendimento;
- c) facilitar o processo de revisão e aprendizado a partir de cada ocorrência atendida, fornecendo dados para análise de resultados e para a melhoria contínua das operações dos CBMs;
- d) permitir a correlação entre diferentes tipos de dados (temporais, espaciais, causais, e de resultado) para um entendimento mais profundo das circunstâncias e dinâmicas das ocorrências;
- e) apoiar pesquisas e desenvolvimento de novas estratégias para prevenção, resposta e recuperação em situações de emergência.

Para a proposta da rede de Ontologias OCOB-ON, foram levantadas as questões de competência listadas na Quadro 6 relacionadas à ONOC:

Quadro 6 - Questões de Competência para especificação da ONOC

1	Qual o evento causador provável de determinada ocorrência?
2	Qual o local de maior incidência de determinada natureza de ocorrência?
3	Qual a duração média até uma ocorrência ser controlada?
4	Como se dá a relação entre vítimas graves e a natureza de uma ocorrência?
5	Quais foram os danos e prejuízos de uma ocorrência?
6	Quantas vítimas e qual a situação das mesmas em uma determinada ocorrência?

7	Quantas vítimas foram salvas na ocorrência?
8	Quantos bens foram salvos em uma ocorrência?

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

### 5.2.1.3 Ontologia do Atendimento (ONATEN)

O propósito da Ontologia do Atendimento (ONATEN) é representar detalhadamente todos os aspectos do processo de atendimento de uma ocorrência pelos Corpos de Bombeiros Militares, desde o recebimento do chamado até a conclusão do atendimento. Essa representação inclui as etapas de atendimento do chamado, despacho, intervenção no local, estratégias de intervenção e resultados alcançados, além de detalhar a interação entre os diversos agentes e recursos envolvidos.

Como já visto, mantém uma relação Bidirecional com a Ontologia da Ocorrência de Co dependência temporal, ou seja, inicialmente é influenciada pelo cenário mapeado na Ontologia da Ocorrência, e com o decorrer do tempo, ao iniciar as ações operacionais, influencia no mapeamento do cenário da ocorrência pós atendimento.

Além disso, também possui uma relação bidirecional com a Ontologia da Articulação Operacional (ONAO). ONAO fornece informações sobre os atores envolvidos, suas especializações, responsabilidades, áreas de atuação e capacidades, influenciando diretamente a tomada de decisões operacionais durante o atendimento. A ONATEN, por sua vez, ao registrar as ações operacionais, contribui para a ONAO ao enriquecer os dados sobre a eficácia e desempenho das equipes no campo.

A ONATEN é destinada a ser utilizada para:

- a) detalhar e registrar cada fase do atendimento de uma ocorrência, proporcionando uma base de dados com tempos da ocorrência, ações desempenhadas, recursos empregados, etc;
- b) auxiliar na coordenação e gerenciamento em tempo real do atendimento às ocorrências, otimizando o emprego de recursos e a resposta operacional;
- c) estabelecer os tipos de atendimentos dos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil e suas relações com as Naturezas de Ocorrências.

Para a proposta da rede de Ontologias OCOB-ON, foram levantadas as questões de competência listadas na Quadro 7 relacionadas à ONATEN:



Quadro 7 - Questões de Competência para especificação da ONATEN

1	Quais tipos de atendimento dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil?
2	Quais recursos foram despachados e utilizados em uma específica ocorrência?
3	Qual foi o tempo de resposta desde o chamado até a chegada no local da ocorrência?
4	Quais foram os resultados e impactos das ações de atendimento no local da ocorrência?
5	Quais foram os danos e prejuízos de uma ocorrência?
6	Quantas vítimas e qual a situação das mesmas em uma determinada ocorrência?
7	Quais desafios e imprevistos foram enfrentados durante o atendimento e como foram superados?

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

#### 5.2.1.4 Ontologia da Articulação Operacional (ONAO)

A **Ontologia da Articulação Operacional (ONAO)** tem o propósito de mapear e representar detalhadamente a estrutura organizacional e operacional dos Corpos de Bombeiros Militares, incluindo a distribuição geográfica de unidades, a definição de especializações e responsabilidades, e os recursos disponíveis para o atendimento de ocorrências. Ela visa capturar a organização e a prontidão operacional para responder de forma eficaz às emergências.

Como visto, possui uma relação bidirecional com ONATEN, influenciando as decisões operacionais e recebendo feedback do desempenho de suas guarnições em campo. Mantém uma relação unidirecional com ONAT, utiliza as categorias de naturezas para direcionar as especializações, recursos operacionais e definir áreas de atuação durante o atendimento. E também uma relação unidirecional com ONOC, onde a ONAO contribui para a definição das áreas e regiões de atuação com base nas características da ocorrência.

A ONAO é destinada a ser utilizada para:

- a) informar os recursos disponíveis e adequados para o atendimento de ocorrências, garantindo que as decisões sejam baseadas em informações precisas sobre disponibilidade e especialização;
- b) promover gestão do conhecimento acerca das qualificações e especializações do efetivo operacional da Corporação Bombeiro Militar;
- c) estabelecer a distribuição de responsabilidades e competências de cada Unidade Operacional da corporação;

- d) apresentar a relação de integração com outras instituições com a finalidade de solicitar ou prestar apoio no atendimento de ocorrências.

Para a proposta da rede de Ontologias OCOB-ON, foram levantadas as questões de competência listadas na Quadro 8 relacionadas à ONAO:

Quadro 8 - Questões de Competência para especificação da ONAO

1	Quais são as unidades operacionais disponíveis em uma determinada região e quais são suas especializações?
2	Dado o endereço e natureza de uma ocorrência, qual unidade operacional responsável?
3	Quais são as guarnições de determinada unidade operacional, com suas respectivas equipes e viaturas?
4	Quais treinamentos e especializações de determinada equipe?
5	Dado um equipamento especializado necessário e uma localização, qual a equipe disponível mais próxima?
6	Qual o contato de determinado órgão necessário para apoio em uma ocorrência?
7	Qual a média do tempo de disponibilidade e do tempo de empenho de determinada guarnição?

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

#### 5.2.1.5 Ontologia do Registro Administrativo de Ocorrências Atendidas (ORAOC).

Não menos importante, o Diagrama da Figura 15 também apresenta a Ontologia do Registro Administrativo de Ocorrências Atendidas (ORAOC). A ORAOC tem o propósito de selecionar, documentar, organizar e preservar os dados relevantes gerados antes, durante e após o atendimento das ocorrências pelos Corpos de Bombeiros Militares, com a finalidade de servir para transparência e prestação de contas dos serviços prestados, bem como para garantir uma gestão do conhecimento sobre o atendimento de ocorrências da corporação, para suporte à tomada de decisão baseada em evidências.

Essa Ontologia captura informações cruciais que vão desde a identificação da ocorrência, passando pelas ações de atendimento e chegando até as consequências e resultados finais dessas ações. Abarca uma variedade de dados, incluindo os tempos de resposta, as estratégias empregadas, os recursos utilizados e os resultados alcançados. As informações coletadas são essenciais para a análise de desempenho, a avaliação de procedimentos e a implementação de melhorias contínuas no atendimento das ocorrências, sendo uma grande garantidora da gestão do conhecimento institucional.

A ORAOC recebe informações da Ontologia das Naturezas de Ocorrências para categorizar e contextualizar os registros, criando um arquivo histórico que reflete a diversidade das ocorrências atendidas.

Também se relaciona com a Ontologia da Ocorrência, pois documenta aspectos relevantes sobre a situação do cenário da ocorrência antes, durante e após o atendimento.

Sua relação com a Ontologia do Atendimento consiste no registro das ações desempenhadas pelos recursos operacionais dos bombeiros e por fim, se relaciona com a Ontologia da Articulação Operacional para entender como a estrutura e a distribuição dos recursos influenciam a eficácia do atendimento, permitindo uma visão crítica sobre a capacidade de resposta e as necessidades de recursos.

A ORAOC é a teia que une as ontologias de domínio e de núcleo, permitindo uma análise holística e integrada que abrange todos os aspectos do processo de atendimento de ocorrências. Com a inclusão da ORAOC, todas as descrições das ontologias interconectadas devem refletir o trânsito de informações relevante e o papel que cada uma desempenha no apoio e enriquecimento da base de conhecimento global dos Corpos de Bombeiros Militares.

A existência de uma ontologia separada para o registro administrativo, mesmo que dependente dos dados gerados pelas outras ontologias da rede, é justificada pela necessidade de uma especialização focada na gestão e no processamento desses dados para fins de documentação, análise e suporte à decisão.

Embora dependa de dados gerados pelas demais ontologias da rede, a ORAOC também pode possuir conceitos próprios, como: Número de Registro; Status de Integridade e Completude; Atribuição de acesso e controle de versões; Registros de auditoria com informações detalhadas sobre quem acessou ou modificou os registros; entre outros.

A ORAOC é destinada a ser utilizada para:

- a) prover uma documentação oficial e auditável das ações e decisões tomadas em resposta a uma ocorrência.
- b) oferecer um registro detalhado e estruturado de cada ocorrência atendida, facilitando análises retrospectivas e auditorias;
- c) selecionar e coletar dados e informações relevantes para o processo de melhoria contínua institucional;
- d) auxiliar na avaliação de desempenho do atendimento e na identificação de oportunidades de melhoria operacional;

- e) servir como ferramenta de suporte à decisão, fornecendo acesso a informações históricas e analíticas;
- f) garantir a integridade, confiabilidade e acessibilidade dos registros administrativos.

Para a proposta da rede de Ontologias OCOB-ON, foram levantadas as questões de competência listadas na Quadro 09 relacionadas à ORAOC:

Quadro 9 - Questões de Competência para especificação da ORAOC

1	Qual natureza, dia, data, hora e local de determinada ocorrência?
2	Quais as vítimas, suas respectivas qualificações, e estado de saúde em determinada ocorrência?
3	Como se deu o acionamento das equipes do CBM em determinada ocorrência?
4	Quais guarnições, membros da equipe e viaturas atenderam determinada ocorrência?
5	Quais tipos de atendimentos do CBOM foram realizados em determinada ocorrência?
6	Qual é a causa presumida para a ocorrência de natureza W?
7	Qual tipo de edificação, área de origem, número de pisos e fonte do evento causador de uma ocorrência de natureza A?
8	Qual foi a intensidade e a extensão de danos e prejuízos de uma ocorrência?
9	Qual é o relato oficial e as ações documentadas no atendimento de uma ocorrência específica?
10	Quais órgãos de apoio foram acionados durante o atendimento da ocorrência?
11	Qual é a faixa etária de maior incidência nas ocorrências de natureza X ao longo do último ano?
12	Qual é a estimativa de prejuízos e danos materiais provocados por ocorrências da natureza Y em um determinado estado ou período?
13	Como o tempo de resposta até a chegada da primeira viatura do CBM está correlacionado com o número de vítimas em óbito para ocorrências da natureza Z?
14	Qual é a distribuição geográfica ou a incidência de ocorrências de determinada natureza em uma localidade específica?
15	Qual tipo de edificação, área de origem, número de pisos e fonte do evento causador mais comum de uma ocorrência de natureza A?
16	Qual a incidência de ocorrências de determinada natureza em certa localidade?
17	Qual foi o total de ocorrências de natureza Z atendidas pelos CBMs no Brasil durante um ano específico?
18	Qual foi o total de atendimentos do tipo X realizados pelo Corpo de Bombeiros do Estado Y durante o ano W?
19	Qual o número de óbitos provocados por ocorrências da natureza Z no Brasil no ano x?
20	Qual o número de feridos provocados por ocorrências da natureza Z no Brasil no ano x?

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

### 5.3 PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DA ONTOLOGIA DAS NATUREZAS DE OCORRÊNCIA

Na seção anterior, foi apresentado o propósito e as questões de competência de cada Ontologia que compõe a Rede de Ontologias (ON) para o Processo de Atendimento de Ocorrências do Corpo de Bombeiros Militares (OCOB-ON).

Dentre estas Ontologias, a primeira a ser desenvolvida deve ser a de Naturezas de Ocorrências, haja vista ser base para todas as demais ontologias da rede. Assim, neste trabalho, aprofundaremos em uma proposta de desenvolvimento desta Ontologia.

Entretanto, para identificarmos as respostas adequadas para as questões de competência estabelecidas para esta ontologia, foi necessário aprofundar o conhecimento do domínio sobre as Naturezas de Ocorrências, buscando referências nacionais sobre como são estruturadas estas classificações.

#### 5.3.1 Classificações de Naturezas de Ocorrência Bombeiro Militar

Foram analisadas as tabelas de naturezas de dois Corpos de Bombeiros Militares (CBMES e CBMMG) para representar a variação de terminologia entre as instituições, a padronização proposta pela LIGABOM em 2007, por ser uma tentativa de unificar terminologias e também o sistema de notificação americano NFIRS, para representar uma abordagem internacional.

##### 5.3.1.1 Naturezas de Ocorrências no Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo

No Estado do Espírito Santo, as naturezas são definidas por códigos, sendo estruturadas em 09 grandes grupos, conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 - Códigos e Grupos de Naturezas no CBMES

CÓDIGO	GRUPO
L	Produtos Perigosos
M	Atendimento Pré-Hospitalar
N	Atividade técnica
O	Auxílio

<b>P</b>	Defesa Civil
<b>Q</b>	Incêndio
<b>R</b>	Prevenção
<b>S</b>	Salvamento Aquático
<b>T</b>	Salvamento terrestre - Altura

Fonte: Elaborado pelo Autor com referências do CBMES (2024)

As ocorrências de produtos perigosos (código L) diz respeito a acidentes que envolva vazamento ou derramamento de produtos perigosos e inflamáveis, envolvendo riscos de incêndio e explosão ou contaminações químicas, radioativas, biológicas ou nucleares.

Já as ocorrências de Atendimento Pré-Hospitalar (código M) envolve o atendimento de vítimas em caráter emergencial, antes da chegada a um hospital, podendo tratar-se de vítimas de acidente automobilístico, queimaduras, choque elétrico, armas, agressões, ataque de animais, afogamento, ou até mesmo casos clínicos como emergências obstétricas, cardíacas, respiratórias, vasculares, entre outras.

As atividades técnicas (código N) diz respeito às atividades de prevenção contra incêndio e pânico, como análise de projetos, vistorias, fiscalizações, emissão de alvarás, notificações, interdições e perícias de incêndio.

Os auxílios (código O) estão relacionados com situações diversas de auxílio prestados pela corporação, como limpeza de pista, esgotamento de local inundado, abertura de acessos, extração de objetos e informações técnicas.

As ocorrências classificadas como defesa civil (código P), são aquelas oriundas de situações de desastres naturais enchente, inundação, alagamento, vendaval, chuva de granizo, erosão e assistência humanitária).

Os incêndios (código Q) são ocorrências evento fogo não controlado em diversos tipos de lugares, como incêndios em edificações, em meios de transporte e em vegetações.

As ocorrências de prevenção (código R) são atividades não emergenciais em que a corporação atua para promover a cultura de prevenção e auto-proteção, como em demonstrações, desfiles, palestras e instruções ou para estar a postos para minimizar riscos em situações como eventos esportivos, shows, entre outros.

Os salvamentos aquáticos (código S) são as ocorrências envolvendo o resgate de pessoas em situação de afogamento nos diversos tipos de lugares (rios, mares, piscinas, etc), a

recuperação de corpos ou objetos submersos por meio de operação de mergulho, e também a situação envolvendo embarcações, como colisões, naufrágios e embarcações a deriva.

Por fim, os salvamentos terrestres e em altura (código T) são situações diversas relacionados ao resgate de pessoas e animais, ou recuperação de corpos e objetos nos níveis terrestres ou em nível elevado, podendo envolver acidentes veiculares, aeroviário, ferroviário, estruturas colapsadas, deslizamentos de terra, locais de difícil acesso, etc.

Para detalhar os grupos de naturezas de acordo com cada situação específica, o sistema de codificação das ocorrências no CBMES permite a subdivisão de cada grupo em até 03 subníveis, conforme exemplo apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 - Código, Grupo e subníveis de Natureza no CBMES

CÓDIGO	GRUPO	SUBNÍVEL 01	SUBNÍVEL 02	SUBNÍVEL 3
S	Salvamento aquático	-	-	-
S01	Salvamento aquático	Busca a afogado	-	-
S02	Salvamento aquático	Resgate	-	-
S02A	Salvamento aquático	Resgate	De pessoa em afogamento	-
S02A01	Salvamento aquático	Resgate	De pessoa em afogamento	em curso d'água
S02A02	Salvamento aquático	Resgate	De pessoa em afogamento	em lago/lagoa/represa
S02A03	Salvamento aquático	Resgate	De pessoa em afogamento	no mar

Fonte: Elaborado pelo Autor com referências do CBMES (2024)

### 5.3.1.2 Naturezas de Ocorrências no Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

Em Minas Gerais, as naturezas de ocorrências e de atendimento são estabelecidas na Diretriz Integrada de Ações e Operações do Sistema de Defesa Social de Minas Gerais – DIAO. O Quadro 12 apresenta a distribuição em grupos de naturezas que são categorizadas de forma semelhante ao que ocorre no CBMES, entretanto há uma agregação maior de subníveis para um mesmo grupo, sendo identificado apenas 05 Grupos.

Quadro 12 - Códigos e Grupos de Naturezas no CBMMG e respectivos correspondentes no CBMES

CÓDIGO	GRUPO DIAO CBMMG	GRUPOS CORRESPONDENTES NO CBMES
O	Incêndio e explosão	Q
P	Atividade Técnica e de prevenção	N e R

<b>R</b>	Produtos perigosos, desastres e defesa civil	L e P
<b>S</b>	Busca e Salvamento	S e T
<b>V</b>	Atendimento Pré-Hospitalar	M

Fonte: Elaborado pelo Autor com referências do CBMMG (2020) e CBMES (2024)

Ao analisar a DIAO, percebe-se que as principais diferenças com a tabela do Espírito Santo é uma maior agregação dos grupos de naturezas, percebendo-se o agrupamento das atividades técnicas e de prevenção em um único grupo, o agrupamento de produtos perigosos e defesa civil em um único grupo, e o agrupamento de salvamento aquático, terrestre e em altura em um único grupo. Além disso, as ocorrências classificadas como auxílio pelo CBMES são estratificadas nos 5 grupos do CBMMG de acordo com sua temática.

Não é objetivo desta subseção realizar esta análise comparativa para cada corporação bombeiro militar do Brasil, e sim demonstrar que, em regra, de fato as classificações, ainda que não padronizadas, são correspondentes entre os estados, reforçando a tese de que os Corpos de Bombeiros no Brasil atendem os mesmos tipos de ocorrência.

### 5.3.1.3 Naturezas de Ocorrências na LIGABOM

A LIGABOM, por meio de uma câmara técnica criada para esta finalidade, em 2007 propôs uma padronização dos Relatórios de Ocorrências de Bombeiro. Embora nesta proposta de padronização não tenha sido desenvolvida uma Tabela de Naturezas, é possível inferir a classificação desejada por meio dos formulários adicionais propostos, cujas categorias são apresentadas no Quadro 13.

Quadro 13 - Código e Grupos de Naturezas da LIGABOM e respectivos correspondentes no CBMES e CBMMG

<b>CÓDIGO</b>	<b>GRUPO LIGABOM</b>	<b>GRUPO CBMMG</b>	<b>GRUPO CBMES</b>
<b>1</b>	Incêndio	O	Q
<b>2</b>	Busca e Salvamento	S	S E T
<b>3</b>	Atendimento Pré-hospitalar	V	M
<b>4</b>	Produto Perigoso	R (no CBMMG o grupo R também envolve defesa civil, o que não ocorre na LIGABOM)	L
<b>5</b>	Atividade Comunitária e de Prevenção	P (no CBMMG o grupo P também envolve atividades técnicas, o que não ocorre na LIGABOM)	R

Fonte: Elaborado pelo Autor com referências da LIGABOM (2007); CBMMG (2018) e CBMES (2024)



Novamente, embora não exista uma correspondência uniforme e linear, há relação entre os tipos de ocorrências na proposta da LIGABOM e os demais corpos de bombeiros militares analisada.

#### 5.3.1.4 Naturezas de Ocorrências na NFIRS

O já citado Sistema Nacional de Reporte de Incidentes de Incêndios (NFIRS) dos Estados Unidos também, ao classificar suas ocorrências, apresenta os Tipos de Incidentes divididos em grupos, conforme apresentado no Quadro 14:

**Quadro 14 - Códigos e grupos de naturezas no NFIRS**

<b>CÓDIGO</b>	<b>GRUPO</b>
<b>100</b>	Incêndio
<b>200</b>	Explosões
<b>300</b>	Busca e Salvamento e Serviços Médicos de Emergência
<b>400</b>	Situações perigosas (sem incêndio)
<b>500</b>	Chamadas de serviço
<b>600</b>	Chamadas de boa intenção
<b>700</b>	Chamadas falsas (troles e alarmes falsos)
<b>800</b>	Desastres
<b>900</b>	Incidentes especiais

Fonte: Elaborado pelo Autor com referências da NFIRS (2015)

Na padronização do NFIRS, para cada grupo, tem-se até dois subníveis de detalhamento.

Com base nesta análise sobre as tabelas de Naturezas de diversas localidades, é possível responder as questões de competência da ONAT, e assim iniciar o levantamento de termos para o desenvolvimento da ontologia.

#### 5.3.2 Questões de competência e levantamento de Termos para ONAT

A definição do propósito, escopo e questões de competência da ONAT, assim como das demais ontologias da rede OCOB-ON, foram estabelecidos na seção 5.2. Nesta etapa, estas

questões de competência foram inseridas na ferramenta OntoKEM para identificação antecipada de termos e relações sugeridas.

As questões de competência e suas respectivas respostas, assim como os termos e relações sugeridas, são apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 - Questões de competência inseridas na ferramenta OntoKEM e termos e relações sugeridas que serviram de base para o desenvolvimento da ONAT

PERGUNTA	RESPOSTA	TERMOS SUGERIDOS	RELAÇÕES SUGERIDAS
Como identificar a natureza de uma ocorrência?	A <b>Natureza</b> de uma <b>Ocorrência</b> é definida a partir de uma combinação ou escolha de um conceito que descreva o evento causador da alteração da normalidade ou a própria resposta do Corpo de Bombeiros Militar que é exigida. Por exemplo, Para ocorrências como Incêndio, a natureza é direta e claramente identificada pelo próprio evento perturbador (o incêndio). Entretanto, em ocorrências classificadas sob naturezas como Busca e Salvamento, a natureza identificada não é o evento disruptivo em si, mas sim a ação de resposta necessária devido a um evento subjacente (como uma pessoa perdida ou um afogamento).	Natureza; Ocorrência.	temNatureza; eNaturezaDe.
Como as ocorrências são classificadas de acordo com suas naturezas?	As ocorrências são classificadas em categorias previamente definidas, como <b>Incêndio</b> , <b>Explosão</b> , <b>Busca e Salvamento</b> , entre outras. Essas categorias são baseadas em legislações e práticas normativas pertinentes.	AtendimentoPreHospitalar; AtividadesTecnicas; BuscaESalvamento; DefesaCivil; Explosao; Incendio; PrevencaoEAuxilios; ProdutosPerigosos.	
Como determinar a natureza primária em uma ocorrência complexa que envolve múltiplas naturezas?	Para ocorrências que envolvem múltiplas naturezas, uma abordagem eficaz é adotar uma convenção baseada em uma hierarquia pré-definida de naturezas, similar ao sistema utilizado pelo National Fire Incident Reporting System (NFIRS). Este sistema classifica as naturezas de ocorrência em uma sequência numérica que representa o <b>Código</b> da natureza, e que reflete o grau de especialização e vocação necessária para a resposta. As atividades mais vocacionadas, como incêndios, recebem códigos menores e são priorizadas como naturezas primárias devido à exigência específica de intervenção dos bombeiros. Por outro lado, atividades menos vocacionadas, como auxílio e apoio comunitário, recebem códigos maiores e são consideradas menos críticas, podendo até ser gerenciadas por outras agências em certos contextos.	CodigoNatureza	
Como a ontologia facilita a interoperabilidade com outros sistemas de dados e emergência?	A Ontologia facilita a comunicação e a troca de informações ao utilizar vocabulário e estruturas comuns que permitem a integração fácil com outras plataformas de gestão de emergências e resposta a incidentes.		

Existe flexibilidade na ontologia para adaptar-se a novos tipos de ocorrências e mudanças nas práticas operacionais?	Sim, a ONAT deve permitir atualizações e inclusões de novas classes e propriedades, garantindo que possa se adaptar a mudanças nas práticas operacionais e na emergência de novos tipos de ocorrências.		
--	---	--	--

### 5.3.3 Vocabulário da ONAT no ONTOKEM

Utilizando os termos e relações inicialmente sugeridos no ONTOKEM, e incorporando novos termos e relações derivados destes, foi estabelecido o vocabulário completo da ontologia dentro da ferramenta. Cada termo foi classificado em categorias específicas apresentadas pela própria ferramenta: classes, instâncias, propriedades de dados, relações entre classes, restrições de classe, e termos abandonados. Esta classificação detalhada ajudou a organizar e estruturar o vocabulário de forma clara e funcional.

Figura 16 - Classificação e conceituação do Vocabulário da ONAT no ONTOKEM



Fonte: OntoKEM (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

Após a classificação detalhada, todos os vocábulos foram conceituados com precisão. Utilizando o ONTOKEM, foi possível extrair documentos com estas conceituações, facilitando a análise do vocabulário e permitindo que especialistas entrevistados revisassem e aprimorassem as conceituações. Este processo garantiu que cada termo fosse entendido e aplicado corretamente dentro do contexto operacional específico, reforçando a robustez e a aplicabilidade da ontologia.

A Figura 17 apresenta uma seleção representativa do Documento “Vocabulário Completo” extraído do ONTOKEM, que é detalhado em sua totalidade no Anexo X.

Figura 17 - Parte do documento extraído do OntoKEM, com a definição de classes e suas respectivas conceituações

<b>ONTOLOGIA</b>	
ONTOLOGIA_NATUREZAS	
<b>DOCUMENTO</b>	
Vocabulário Completo	
<b>(versão 1.0)</b>	
06-05-2024	
<b>1) AbastecimentoDeAgua</b>	<p><b>Tipo:</b> Classe</p> <p><b>Descrição:</b> Atividade de fornecimento de água em situações de necessidade, tanto em eventos de emergência quanto em atividades de apoio à comunidade, garantindo o acesso a esse recurso essencial.</p>
<b>2) AnaliseDeProjetos</b>	<p><b>Tipo:</b> Classe</p> <p><b>Descrição:</b> Esta atividade técnica consiste na avaliação de planos e projetos de construção ou reforma, com foco especial nas instalações de prevenção e combate a incêndios. A análise busca assegurar que todos os aspectos do projeto atendam às normas de segurança vigentes, incluindo sistemas de alarme, saídas de emergência, e equipamentos de combate a incêndio.</p>
<b>3) APH_AtaqueDeAnimal</b>	<p><b>Tipo:</b> Classe</p> <p><b>Descrição:</b> Esta natureza de ocorrência aborda o atendimento pré-hospitalar a vítimas de ataques por animais, que podem incluir mordidas, picadas, arranhões ou outros traumas físicos causados por animais domésticos, selvagens ou exóticos.</p>
<b>4) APH_Clinico</b>	<p><b>Tipo:</b> Classe</p> <p><b>Descrição:</b> Esta natureza de ocorrência envolve o atendimento pré-hospitalar a pacientes com condições médicas agudas que não são resultado de traumas físicos externos. Abrange uma ampla gama de emergências clínicas, como crises cardíacas, derrames, episódios de asma, reações alérgicas graves, complicações diabéticas, emergências obstétrica, emergências psiquiátricas, intoxicação, convulsão, infarto, dor abdominal entre outras situações que requerem intervenção médica imediata.</p>

Fonte: OntoKEM (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

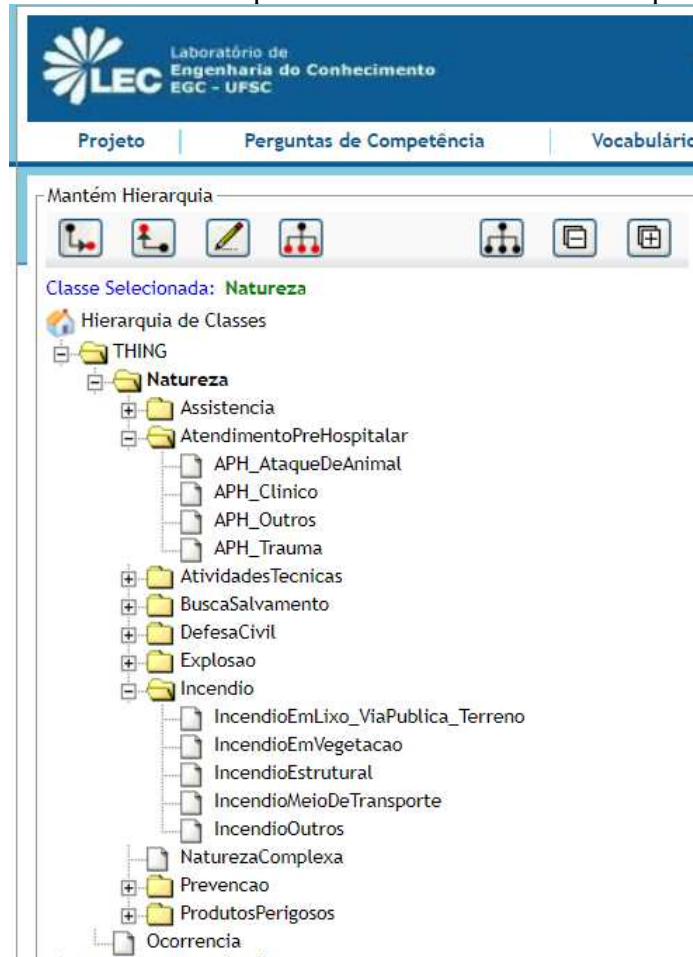
### 5.3.4 Definindo Hierarquia de Classes da ONAT no ONTOKEM

Ainda utilizando a ferramenta OntoKEM, conforme Figura 18, foi estabelecido uma hierarquia organizada entre as classes dentro da ontologia, permitindo que as naturezas das

ocorrências fossem sistematicamente agrupadas em classes e subclasses. As principais subclasses identificadas para categorizar as naturezas das ocorrências incluem: Assistência, Atendimento Pré-Hospitalar, Atividades Técnicas, Busca e Salvamento, Defesa Civil, Explosão, Incêndio, Prevenção e Produtos Perigosos.

Por exemplo, a categoria Atendimento Pré-Hospitalar foi refinada em subclasses mais específicas para capturar a variedade de respostas necessárias, como APH\_Ataque de Animal, APH\_Clinico, APH\_Trauma e APH\_Outros. Cada uma destas subclasses representa um foco diferente do atendimento emergencial, permitindo uma categorização precisa e uma resposta mais direcionada a cada tipo de ocorrência pré-hospitalar.

Figura 18 - Módulo da OntoKEM para estabelecimento da hierarquia entre as classes



Fonte: OntoKEM (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

### 5.3.5 Dicionário de Classes da ONAT no ONTOKEM

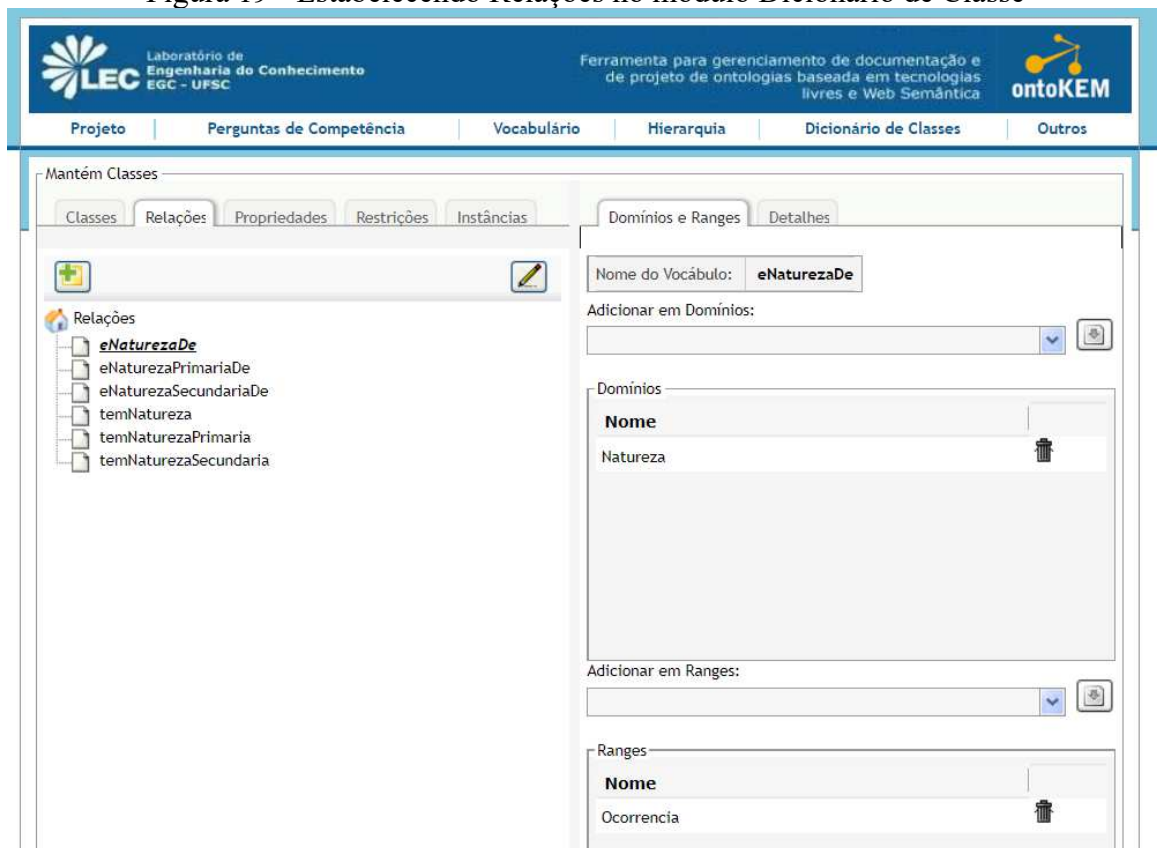
Como etapa final no uso do OntoKEM, o módulo Dicionário de Classes foi utilizado para definir as relações e propriedades das classes. Foram estabelecidos os domínios e os alcances das relações entre as classes para garantir precisão e clareza na estrutura da ontologia.

Por exemplo, a classe "Natureza" está relacionada com a classe "Ocorrência" através da relação "éNaturezaDe", onde "Natureza" é o domínio e "Ocorrência" é o alcance. Esta relação especifica que cada instância da classe "Natureza" está associada a uma ou mais ocorrências, definindo a categoria de cada ocorrência.

Adicionalmente, as propriedades de dados das classes foram incluídas. Como exemplo, a classe "Natureza" possui a propriedade de dados "CodigoNatureza". Esta propriedade atribui um código único a cada instância da classe "Natureza".

A Figura 19 ilustra a interface do Módulo Dicionário de Classes mostrando exemplos de relações e propriedades definidas.

Figura 19 - Estabelecendo Relações no módulo Dicionário de Classe



Fonte: OntoKEM (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor



Essa fase inicial de desenvolvimento da ONAT no OntoKEM focou-se primordialmente na estruturação e definição das classes e relações principais, estabelecendo uma base sólida para a ontologia. Durante este estágio, foi priorizado a organização do vocabulário, a hierarquia das classes de naturezas de ocorrências e o estabelecimento de relações fundamentais entre as classes natureza e ocorrência, sem ainda adentrar na inclusão de restrições e instâncias.

A capacidade do OntoKEM de exportar o desenvolvimento realizado em formato OWL proporcionou uma integração fluida com outra ferramenta utilizada no desenvolvimento dessa Ontologia, o Protégé, onde a ontologia pode ser refinada e expandida com maior detalhamento técnico.

Com a exportação bem-sucedida do desenvolvimento inicial da ONAT em formato OWL pelo OntoKEM e a subsequente importação no Protégé, concluímos a etapa inicial no processo de construção desta ontologia.

#### 5.4 IMPLEMENTAÇÃO DA ONAT NA FERRAMENTA PROTÉGÉ

A escolha do Protégé para dar continuidade ao desenvolvimento da ONAT se justifica tanto pela necessidade de aprofundar e detalhar a ontologia com maior precisão técnica, como pelo suporte oferecido pela ferramenta para a implementação, validação e avaliação da ontologia.

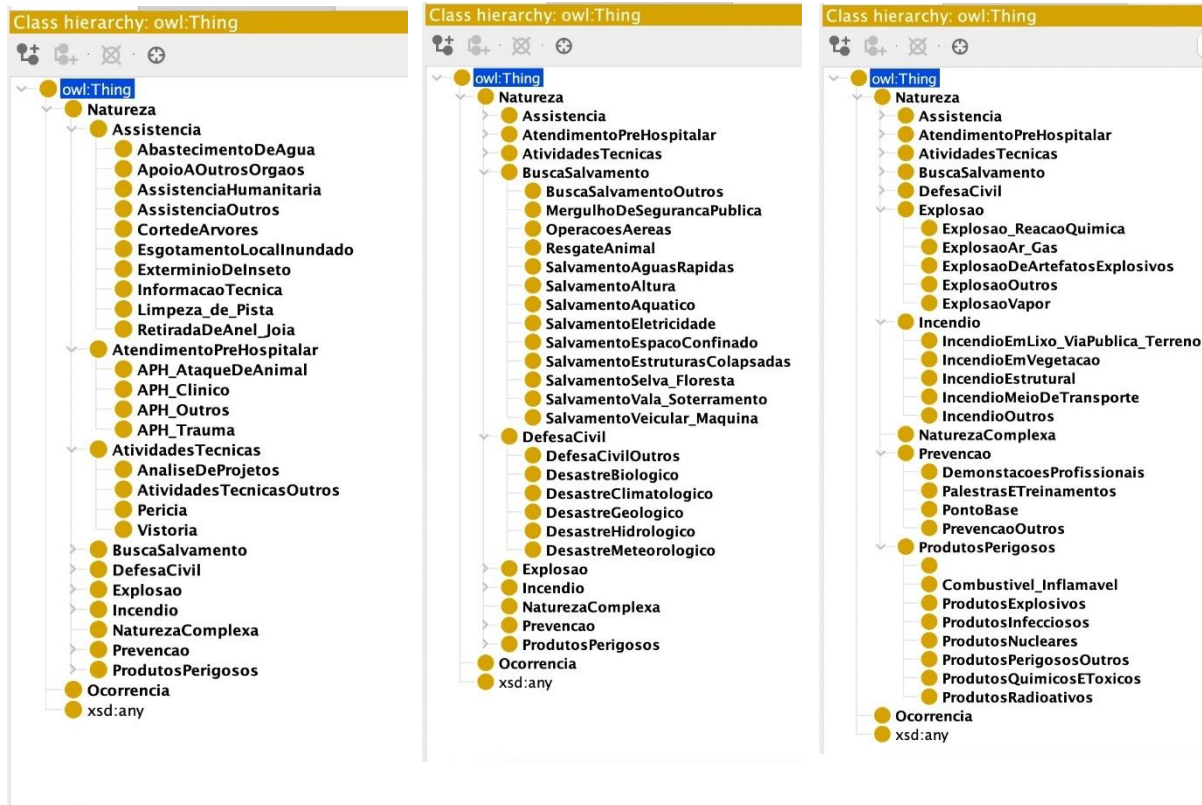
Ao iniciar a etapa no Protégé, o primeiro passo consistiu em abrir a ontologia gerada pelo OntoKEM no formato OWL. Este processo de importação foi bem-sucedido e resultou no carregamento de 72 classes, 5 propriedades de objetos, que representam as relações estabelecidas no OntoKEM, e 4 propriedades de dados.

##### 5.4.1 Hierarquia de Classes

Após a importação da ontologia no Protégé, foi realizada uma análise detalhada da hierarquia das classes existentes, de forma a garantir que a estrutura hierárquica estabelecida no OntoKEM fosse mantida e corretamente interpretada pelo Protégé. A revisão ajudou a identificar qualquer necessidade de ajuste ou refinamento nas relações de subordinação entre as classes, assegurando que a ontologia refletisse de maneira precisa e lógica as categorizações e dependências entre os conceitos envolvidos.

Para ilustrar a análise da hierarquia das classes realizada no Protégé, incluímos duas figuras representativas. A Figura 20 mostra a aba "Class Hierarchy" do Protégé, uma interface que exibe a estrutura organizacional das classes dentro da ontologia. A visualização facilita o entendimento de como as classes estão inter-relacionadas.

Figura 20 - Visualização da Hierarquia de Classes no Protégé



Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

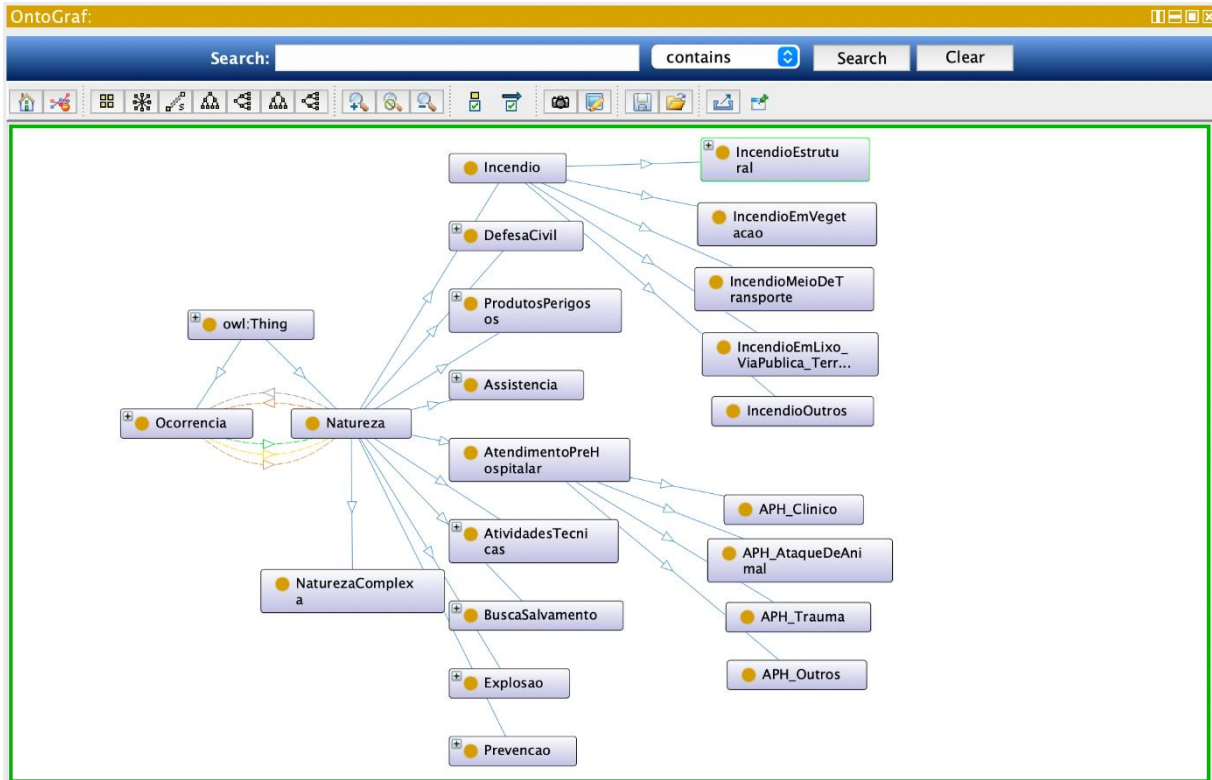
Já a Figura 21 utiliza a ferramenta OntoGraf do Protégé, que fornece uma representação gráfica das relações entre as classes. Esta visualização permite uma análise mais intuitiva e visual da estrutura da ontologia, mostrando conexões e relações entre as classes de forma mais dinâmica e acessível.

A visualização dos grafos mostra que uma instância de 'Ocorrência' está vinculada a uma instância de 'Natureza' através da propriedade 'temNatureza'. Inversamente, uma instância de 'Natureza' está relacionada a uma instância de 'Ocorrência' pela propriedade 'éNaturezaDe'.

Além disso, a Figura 21 ilustra que a classe 'Natureza' funciona como uma classe mãe para várias subclasses específicas, como 'Incêndio' e 'Atendimento Pré-Hospitalar'. Dentro de

cada uma dessas categorias principais, existem subdivisões mais detalhadas que refletem tipos específicos de incidentes: por exemplo, 'Incendio' se desdobra em 'IncendioEstrutural' e 'IncendioEmVegetacao', enquanto 'AtendimentoPreHospitalar' é detalhado em subclasses como 'APH\_Clinico' e 'APH\_Trauma'.

Figura 21 - Representação gráfica da hierarquia de classes com OntoGraf



Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

#### 5.4.2 Propriedade de Objetos e Propriedade de Dados

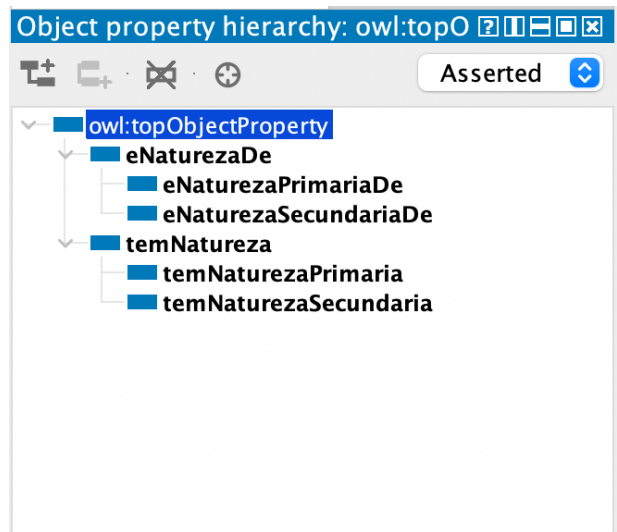
Continuando desenvolvimento da ONAT no Protégé, foi realizada uma análise das Propriedades de Objeto. Duas propriedades principais foram examinadas: 'éNaturezaDe' e 'temNatureza'. Estas propriedades são fundamentais para definir a relação entre as instâncias de 'Ocorrência' e 'Natureza'. Além disso, foi estabelecida uma restrição importante, designando que 'éNaturezaDe' e 'temNatureza' são propriedades inversas, o que assegura a coesão e consistência lógica na modelagem da ontologia.

Cada uma dessas propriedades principais também possui subpropriedades específicas para os casos de existência de Natureza Complexa em uma Ocorrência, ou seja, uma Ocorrência possuir mais que uma Natureza. A relação entre 'Ocorrência' e 'Natureza'. 'éNaturezaDe' se

desdobra em 'éNaturezaPrimáriaDe' e 'éNaturezaSecundáriaDe', enquanto 'temNatureza' se expande para incluir 'temNaturezaPrimária' e 'temNaturezaSecundária'.

A Figura 22, extraída da aba de 'Object Properties' do Protégé, oferece uma visualização da hierarquia das propriedades de objetos dentro da ontologia.

Figura 22- Visualização da Hierarquia de Propriedades de Objetos no Protégé



Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

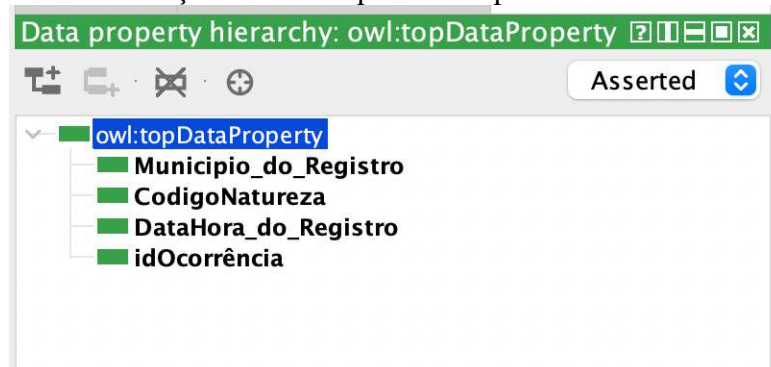
Também foram analisadas as propriedades de dados, que são fundamentais para o armazenamento e a recuperação de informações específicas dentro da ontologia, conforme apresentado na Figura 23. As propriedades de dados analisadas incluíram "CodigoNatureza", associada à classe Natureza, e "idOcorrência", "DataHora\_do\_Registro", e "Municipio\_do\_Registro", associadas à classe Ocorrência.

Foi aplicada uma restrição de funcionalidade a todos esses objetos. Isso significa que cada instância de uma classe pode ter no máximo um valor associado a essas propriedades em qualquer momento, garantindo que os dados sejam únicos e precisamente definidos para cada instância. Por exemplo, cada ocorrência pode ter apenas um "idOcorrência" ou uma única "DataHora\_do\_Registro", evitando ambiguidades ou duplicidades nos registros.

Além disso, foram estabelecidos ranges específicos para estas propriedades para assegurar a consistência dos dados. Por exemplo, "CodigoNatureza" foi definido para ter um range de tipo *string*, permitindo a inserção de códigos alfanuméricos. Similarmente,

"DataHora\_do\_Registro" foi designada com um range do tipo `dateTime`, garantindo que as entradas para essa propriedade sejam consistentemente formatadas com data e hora.

Figura 23 - Visualização da Hierarquia de Propriedades de Dados no Protégé



Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

Optou-se por limitar as propriedades da classe "Ocorrência" na ONAT, direcionando detalhes como endereço completo, pessoas e objetos envolvidos, tempos da ocorrência, entre outros para a futura Ontologia da Ocorrência – ONOC. Esta estratégia evita redundâncias, mantendo a ONAT focada nas Naturezas, e facilita a integração e o reuso de conceitos entre as ontologias, otimizando a expansão e a modularidade da rede de ontologias OCOB-ON.

Com a base de classes e propriedades da ONAT estabelecida, é possível prosseguir com a criação de instâncias, o que permitirá testar, validar e avaliar a consistência da Ontologia.

## 6 VALIDAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ONAT

Neste capítulo foram realizadas a validação e a avaliação da ONAT.

A validação se deu, inicialmente, por meio da inclusão de instâncias do mundo real, para certificar aplicabilidade prática da Ontologia Desenvolvida.

Em seguida, foram realizados testes de consistência utilizando a ferramenta Reasoner e o raciocinador HermiT no Protégé, para verificar a existência de contradições ou erros lógicos na ontologia.

A última etapa da validação foram as consultas SPARQL para verificar a capacidade da ontologia de fornecer informações precisas e úteis.

Por fim, foi realizada uma avaliação por meio de pesquisa com especialistas, para avaliar a qualidade da Ontologia e orientação quanto aos princípios de design de ontologias.

### 6.1 IMPLEMENTAÇÃO DE INSTANCIAS NA ONAT

Com a definição das classes e propriedades na ONAT realizadas anteriormente, foi realizada a implementação de instâncias, o que traz a estrutura teórica para o contexto prático. Criar instâncias significa popular a ontologia com dados reais que refletem situações específicas de ocorrências.

Foram usados casos de uso específicos que refletem situações reais de ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares.

Foi realizado um download de registros de ocorrências do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, cobrindo o período dos dias 01 a 07 do mês de dezembro do ano de 2023, de ocorrências atendidas no município de Vitória, capital do Espírito Santo, o que totalizou 50 ocorrências.

O Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo foi escolhido devido ao acesso do pesquisados à base de dados das ocorrências, e o recorte de dos dias 01 a 07 do mês de dezembro do ano de 2023 se deu para permitir a análise em um volume praticável de dados. A capital Vitória/ES, foi escolhida por concentrar uma das maiores variações de naturezas de ocorrências do Estado.

Esses dados foram utilizados na fase de implementação de instâncias pra garantir que a ontologia consegue responder precisamente as condições operacionais e tipos de incidentes enfrentados pelos bombeiros no mundo real.

Inicialmente as instâncias de natureza foram categorizadas e inseridas na subclasse correspondente dentro da ONAT, de acordo com o conceito estabelecido. Por exemplo, a instância de natureza denominada "ATENDIMENTO\_PRE-HOSPITALAR:\_CASO\_CLINICO:\_EMERGÊNCIA\_CARDIÁCA" (nome da Natureza na base de dados do CBMES) foi alocada na Subclasse de Natureza 'APH\_Clinico' da Ontologia.

Essa categorização das instâncias de natureza em suas subclasses foi realizada com o auxílio de especialistas da área de gestão de dados e estatística da corporação, que confrontaram o conceito estipulado para a subclasse e o sentido ontológico de cada instância de natureza.

Das 50 ocorrências analisadas, foram identificadas 32 naturezas distintas, conforme se vê nas Figura 24 e 25 que apresentam as instâncias de naturezas e de ocorrências respectivamente. Entre essas, apenas uma natureza não encontrou consenso unânime para sua subclasse de natureza na ontologia: "SALVAMENTO TERRESTRE /EM ALTURA: RESGATE DE PESSOA: PRESA EM ELEVADOR". Esta natureza poderia ser classificada tanto como 'Assistência' quanto como 'BuscaSalvamento'.

Para resolver essa dúvida, a conceituação da classe 'BuscaSalvamento' e da subclasse 'BuscaSalvamentoOutros' foi ajustada para contemplar a instância da Natureza.

Além da inclusão das 32 naturezas encontradas nas 50 ocorrências, foi adicionada a propriedade 'CodigoNatureza' para cada uma das naturezas inseridas. Esta inclusão foi importante para garantir a rastreabilidade e padronização das ocorrências na ontologia, permitindo uma fácil identificação e consulta das naturezas específicas.



Figura 24 - Instâncias de Natureza implementadas de acordo com suas respectivas classes e subclasses

The screenshot displays a software interface for managing ontology instances. The left pane, titled "Individuals by type: ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: CASO CLÍNICO: EMERGÊNCIA CARDÍACA", lists various instances grouped by type. The right pane, titled "Annotations: ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: CASO CLÍNICO: EMERGÊNCIA CAI", shows property assertions for the selected instance.

**Individuals by type: ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: CASO CLÍNICO: EMERGÊNCIA CARDÍACA**

- APH\_Clinico (3)
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: CASO CLÍNICO: EMERGÊNCIA CARDÍACA
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: CASO CLÍNICO: TRANSPORTE DE PESSOA FERIDA/ENFERMA
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: CASO CLÍNICO: EMERGÊNCIA PSIQUIÁTRICA: VÍTIMA AGRESSIVA EM VIA PÚBLICA
- APH\_Trauma (7)
  - CRIMES CONTRA A PESSOA: TENTATIVA DE SUICÍDIO
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: À VÍTIMA DE TRAUMA: POR COLISÃO/\_CHOQUE/CAPOTAMENTO: MOTOCICLETA
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: À VÍTIMA DE TRAUMA: POR QUEDA: DE NÍVEL
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: À VÍTIMA DE TRAUMA: POR COLISÃO/\_CHOQUE/CAPOTAMENTO: AUTOMÓVEL
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: À VÍTIMA DE TRAUMA: POR QUEDA: DE BICICLETA
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: À VÍTIMA DE TRAUMA: POR QUEDA: DE MOTOCICLETA
  - ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: À VÍTIMA DE TRAUMA: POR ATROPELAMENTO
- ApoioAOutrosOrgaos (2)
  - OCORRÊNCIAS DIVERSAS/ASSISTÊNCIAS: APOIO: A POLÍCIA MILITAR
  - OCORRÊNCIAS DIVERSAS/ASSISTÊNCIAS: APOIO: A OUTRAS INSTITUIÇÕES
- BuscaSalvamentoOutros (2)
  - SALVAMENTO TERRESTRE\_/EM ALTURA: RESGATE DE PESSOA: OUTROS RESGATES DE PESSOA
  - SALVAMENTO TERRESTRE\_/EM ALTURA: RESGATE DE PESSOA: PRESA EM ELEVADOR
- CortedeArvores (2)
  - SALVAMENTO TERRESTRE\_/EM ALTURA: CORTE DE ÁRVORE: EM RISCO
  - ATIVIDADE TÉCNICA: VISTORIA: EM ÁRVORE: COM RISCO DE QUEDA
- IncendioEmLixo\_ViaPublica\_Terreno (1)
  - INCÊNDIO: EM TERRENO BALDIO/\_LOTE: LIXO
- IncendioEmVegetacao (3)
  - INCÊNDIO: EM VEGETAÇÃO: NÃO NATIVA: OUTRAS
  - INCÊNDIO: EM VEGETAÇÃO: NATIVA: DE MANGUEZAL
  - INCÊNDIO: EM VEGETAÇÃO
- IncendioEstrutural (5)
  - INCÊNDIO: EM RESIDÊNCIA: EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR: DE ALVENARIA
  - INCÊNDIO: EM RESIDÊNCIA: EDIFICAÇÃO VERTICAL: MULTIFAMILIAR ACIMA DE 3 PAVIMENTOS
  - INCÊNDIO: EM ESTABELECIMENTO DE ENSINO: ESCOLA DE ENSINO MÉDIO
  - INCÊNDIO: EM ESTABELECIMENTO COMERCIAL: OUTROS
  - INCÊNDIO: EM ESTABELECIMENTO COMERCIAL: RESTAURANTE
- IncendioMeioDeTransporte (1)
- Ocorrencia (50)
- PontoBase (2)

**Annotations: ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPITALAR: CASO CLÍNICO: EMERGÊNCIA CAI**

Annotations +

**Description: ATENDIME**

**Property assertions: ATENDIMENTO\_PRÉ-HOSPIT**

Types +

- APH\_Clinico

Same Individual As +

Different Individuals +

Object property assertions +

- eNaturezaDe Ocorrencia\_16

Data property assertions +

- CodigoNatureza "M03C"

Negative object property assertions +

Negative data property assertions +

Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor



Figura 25 - Instâncias de Ocorrências implementadas de acordo com suas propriedades de dados e de objetos

The screenshot displays a software interface for managing ontology instances. On the left, a tree view titled "Individuals by type: Ocorrencia\_07" lists 50 instances, with "Ocorrencia\_07" selected. The right side of the interface is divided into three panels:

- Annotations: Ocorrencia\_07**: A panel for adding annotations, currently empty.
- Description: Ocorrencia**: A panel showing the type "Ocorrencia" and options for "Same Individual As" and "Different Individuals".
- Property assertions: Ocorrencia\_07**: A panel showing data property assertions for the selected instance:
  - Object property assertions**: "temNatureza" with value "OCORRÊNCIAS\_DIVERSAS/ASSISTÊNCIAIS:\_".
  - Data property assertions**:
    - "idOcorrência" with value "53043132".
    - "DataHora\_do\_Registro" with value "2023-12-02T00:55:00"^^xsd:dateTime.
    - "Município\_do\_Registro" with value "Vitória-ES".
  - Negative object property assertions**: Empty.
  - Negative data property assertions**: Empty.

Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

Após a inclusão das instâncias de natureza, foram inseridas as 50 instâncias de ocorrência. Para cada ocorrência, foram adicionadas as propriedades de dados 'idOcorrencia', 'Município\_de\_registro' e 'DataHora\_de\_registro'. Além disso, foi estabelecido o relacionamento 'temNatureza' com a respectiva Natureza da ocorrência.

A conclusão desta etapa de implementação de instâncias demonstra que a ONAT é capaz de responder precisamente às condições operacionais e naturezas de incidentes enfrentados pelos bombeiros no mundo real.

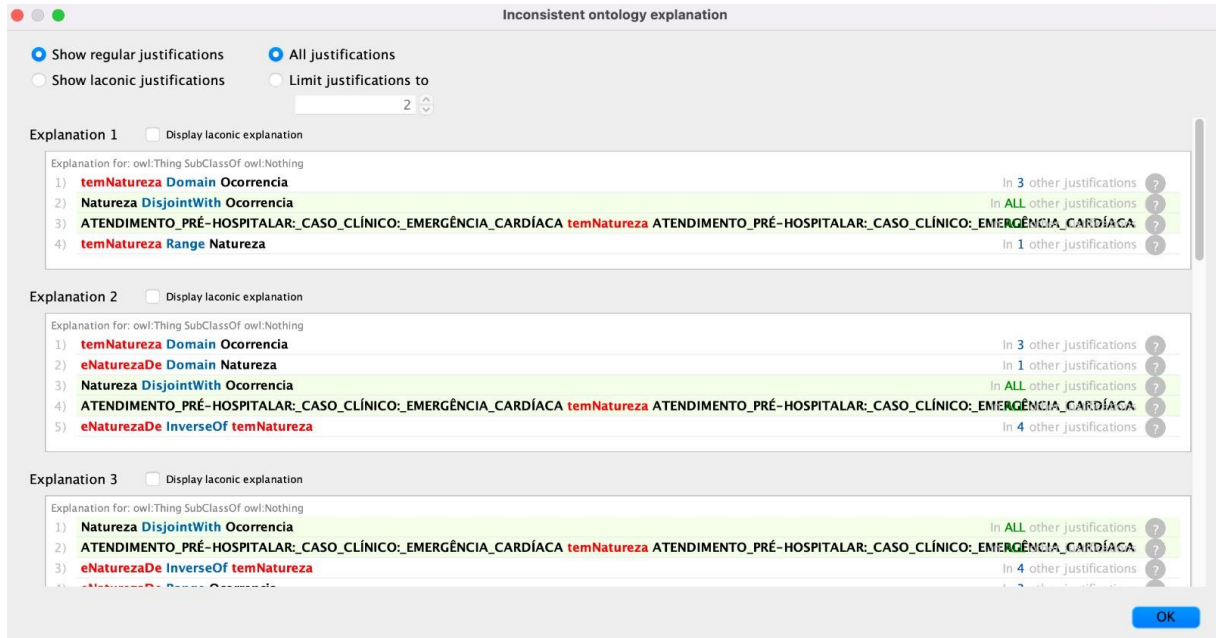
## 6.2 TESTES DE CONSISTÊNCIA A PARTIR DA FERRAMENTA REASONER NO PROTÉGÉ

A ferramenta Reasoner integrada ao Protégé e o raciocinador HermiT foram utilizados para a verificação automática de coerência lógica dentro da ontologia.

Para testar a eficácia do raciocinador, algumas inconsistências foram propositalmente simuladas. Por exemplo, incluímos uma relação 'temNatureza' em uma instância de 'Natureza' que apontava para a própria instância de 'Natureza', criando uma inconsistência lógica intencional.

O HermiT identificou esta inconsistência, conforme ilustrado na Figura 26. Ele apontou que 'Natureza' é o range da propriedade 'temNatureza' e, portanto, não pode simultaneamente ser o domínio desta mesma propriedade. Isso ocorre porque o domínio da propriedade 'temNatureza' é a classe 'Ocorrência', que é disjunta de 'Natureza'.

Figura 26 - Explicação das inconsistências encontradas durante a simulação

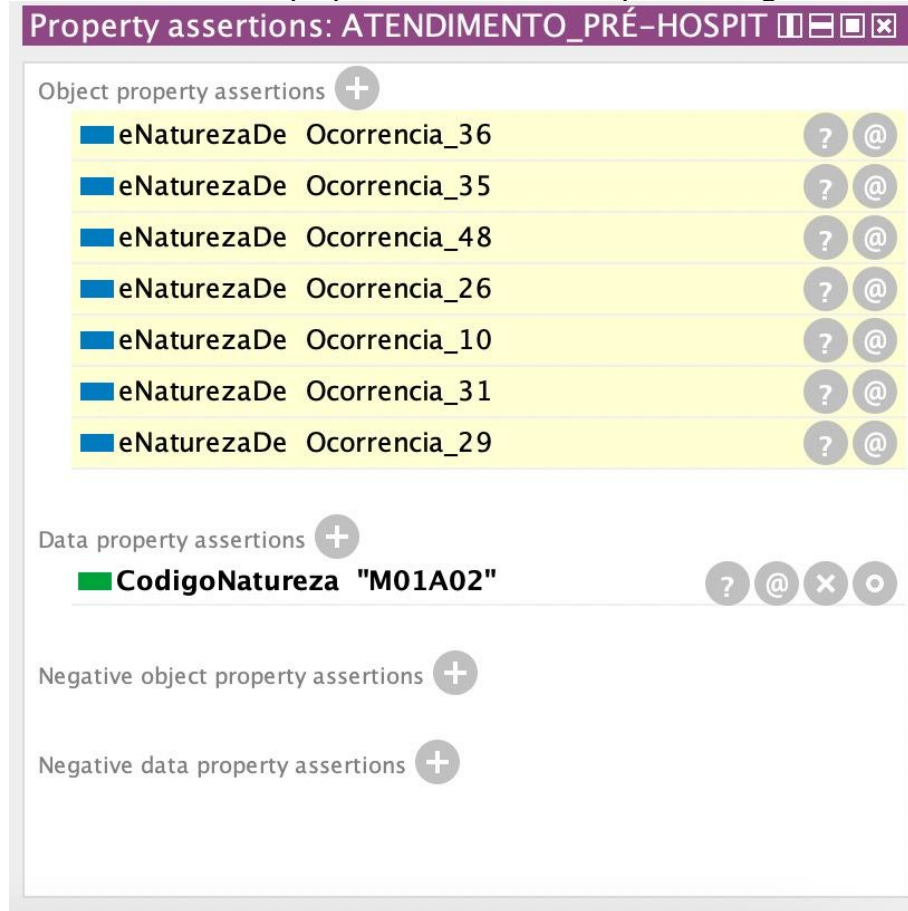


Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

Outra inconsistência testada foi a inclusão de mais de um 'CodigoNatureza' em uma instância de 'Natureza', ou mais de um 'idOcorrencia' em uma instância de 'Ocorrência'. O HermiT apontou essas inconsistências, uma vez que se tratam de propriedades de dados funcionais, que por definição só podem ter um valor por instância.

Além disso, o reasoner foi utilizado para testar as inferências automáticas, como se vê na Figura 27. Por exemplo, a propriedade 'temNatureza' é definida como inversa de 'eNaturezaDe'. Assim, sempre que uma instância de 'Ocorrência' era relacionada a uma instância de 'Natureza' através da propriedade 'temNatureza', o reasoner inferia automaticamente que essa instância de 'Natureza' estava relacionada com a instância de 'Ocorrência' através da propriedade 'eNaturezaDe'.

Figura 27 - Inferências de propriedades realizadas a partir da lógica da ontologia



Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

### 6.3 CONSULTAS DE INFORMAÇÕES A PARTIR DA FERRAMENTA PROTÉGÉ COM PLUGIN SPARQL

Com as classes, instâncias e suas propriedades definidas, foi possível realizar as consultas, simulando a necessidade de busca de conhecimento na base de dados dos Corpos de Bombeiros Militares instanciada na Ontologia. As buscas desenvolvidas como exemplo foram escolhidas em função das duas principais classes da Ontologia: Ocorrência e Natureza.

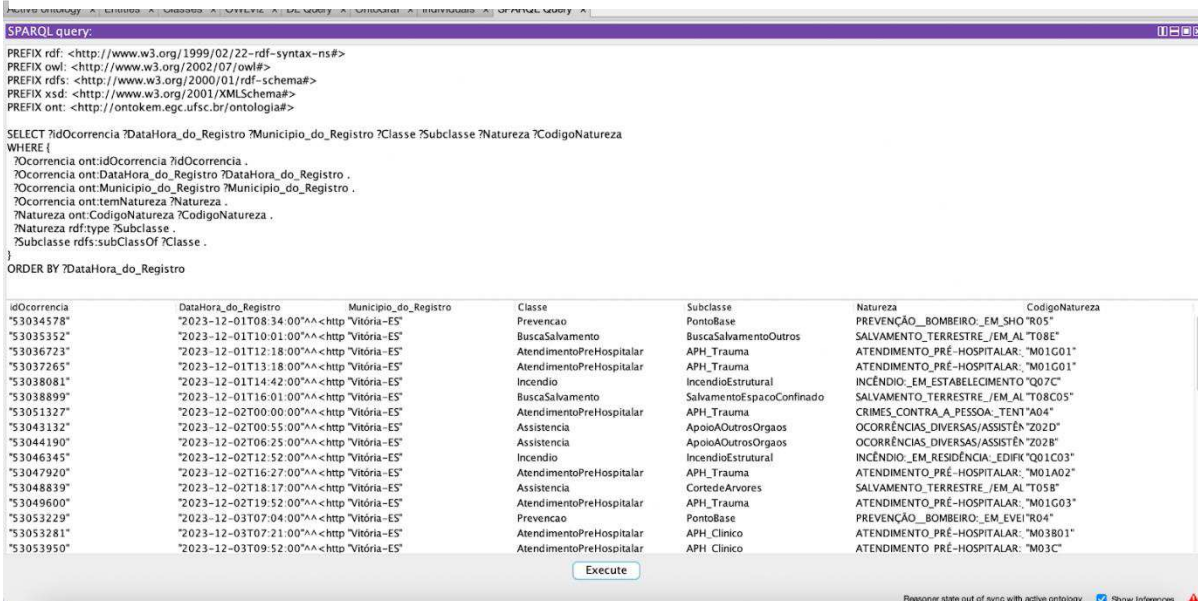
Como visto, o SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) é uma linguagem de consulta e atualização para dados armazenados no formato RDF (Resource Description Framework) por meio de triplas que devem ser correspondidas. Cada tripla consiste de um sujeito, predicado e objeto. O plugin SPARQL do Protégé permite aos usuários escrever

e executar consultas SPARQL diretamente na interface do Protégé, facilitando a validação e exploração das ontologias desenvolvidas.

### 6.3.1 Listar Ocorrências e Naturezas da Ontologia, bem como suas propriedades de dados.

A consulta inicial, conforme Figura 28, objetivou recuperar detalhes completos das ocorrências. Para tanto, foi utilizado a cláusula “SELECT” para retornar as seguintes variáveis de interesse: Ocorrencia, ?Natureza, ?idOcorrencia, ?Municipio\_do\_Registro, ?DataHora\_do\_Registro, e ?CodigoNatureza.

Figura 28 - Detalhes das Ocorrências e Naturezas instanciadas na ONAT



The screenshot shows a SPARQL query interface with the following query:

```

SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX ont: <http://ontokem.egc.ufsc.br/ontologia#>

SELECT ?idOcorrencia ?DataHora_do_Registro ?Municipio_do_Registro ?Classe ?Subclasse ?Natureza ?CodigoNatureza
WHERE {
  ?Ocorrencia ont:idOcorrencia ?idOcorrencia .
  ?Ocorrencia ont:DataHora_do_Registro ?DataHora_do_Registro .
  ?Ocorrencia ont:Municipio_do_Registro ?Municipio_do_Registro .
  ?Ocorrencia ont:temNatureza ?Natureza .
  ?Natureza ont:CodigoNatureza ?CodigoNatureza .
  ?Natureza rdf:type ?Subclasse .
  ?Subclasse rdfs:subClassOf ?Classe .
}
ORDER BY ?DataHora_do_Registro
  
```

The results are displayed in a table with the following columns: idOcorrencia, DataHora\_do\_Registro, Municipio\_do\_Registro, Classe, Subclasse, Natureza, and CodigoNatureza. The table contains 15 rows of data, each representing an occurrence with its associated time, location, class, subclass, nature, and code.

idOcorrencia	DataHora_do_Registro	Municipio_do_Registro	Classe	Subclasse	Natureza	CodigoNatureza
"53034578"	"2023-12-01T08:34:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	Prevencao	PontoBase	PREVENÇÃO_BOMBEIRO_EM_SHO"R05"	
"53035352"	"2023-12-01T10:01:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	BuscaSalvamento	BuscaSalvamentoOutros	SALVAMENTO_TERRESTRE_EM_AL"T08E"	
"53036723"	"2023-12-01T12:18:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITALAR;"M01G01"	
"53037265"	"2023-12-01T13:18:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITALAR;"M01G01"	
"53038081"	"2023-12-01T14:42:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	Incendio	IncendioEstrutural	INCÊNDIO_EM_ESTABELECIMENTO"Q07C"	
"53038899"	"2023-12-01T16:01:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	BuscaSalvamento	SalvamentoEspacoConfinado	SALVAMENTO_TERRESTRE_EM_AL"T08C05"	
"53051327"	"2023-12-02T00:00:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	CRIMES_CONTRA_A_PESSOA_TENT"04"	
"53043132"	"2023-12-02T00:55:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	Assistencia	ApoioAOutrosOrgaos	OCORRÊNCIAS_DIVERSAS/ASSISTÊN"Z02D"	
"53044190"	"2023-12-02T06:25:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	Assistencia	ApoioAOutrosOrgaos	OCORRÊNCIAS_DIVERSAS/ASSISTÊN"Z02B"	
"53046345"	"2023-12-02T12:52:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	Incendio	IncendioEstrutural	INCÊNDIO_EM_RESIDÊNCIA_EDIFÍ"Q01C03"	
"53047920"	"2023-12-02T16:27:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITALAR;"M01G02"	
"53048839"	"2023-12-02T18:17:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	Assistencia	CorteioArvores	SALVAMENTO_TERRESTRE_EM_AL"T05B"	
"53049600"	"2023-12-02T19:52:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITALAR;"M01G03"	
"53053229"	"2023-12-03T07:04:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	Prevencao	PontoBase	PREVENÇÃO_BOMBEIRO_EM_EVEI"R04"	
"53053281"	"2023-12-03T07:21:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Clinico	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITALAR;"M03801"	
"53053950"	"2023-12-03T09:52:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTimeStamp>	"Vitória-ES"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Clinico	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITALAR;"M03C"	

Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

A cláusula “WHERE” define o padrão das triplas RDF que devem ser correspondidas. Cada tripla consiste de um sujeito, predicado e objeto, onde ?Ocorrencia é ligada a várias propriedades (temNatureza, idOcorrencia, Municipio\_do\_Registro, DataHora\_do\_Registro), e ?Natureza está ligada à propriedade CodigoNatureza. Esse padrão permite a recuperação detalhada das ocorrências e suas naturezas associadas.

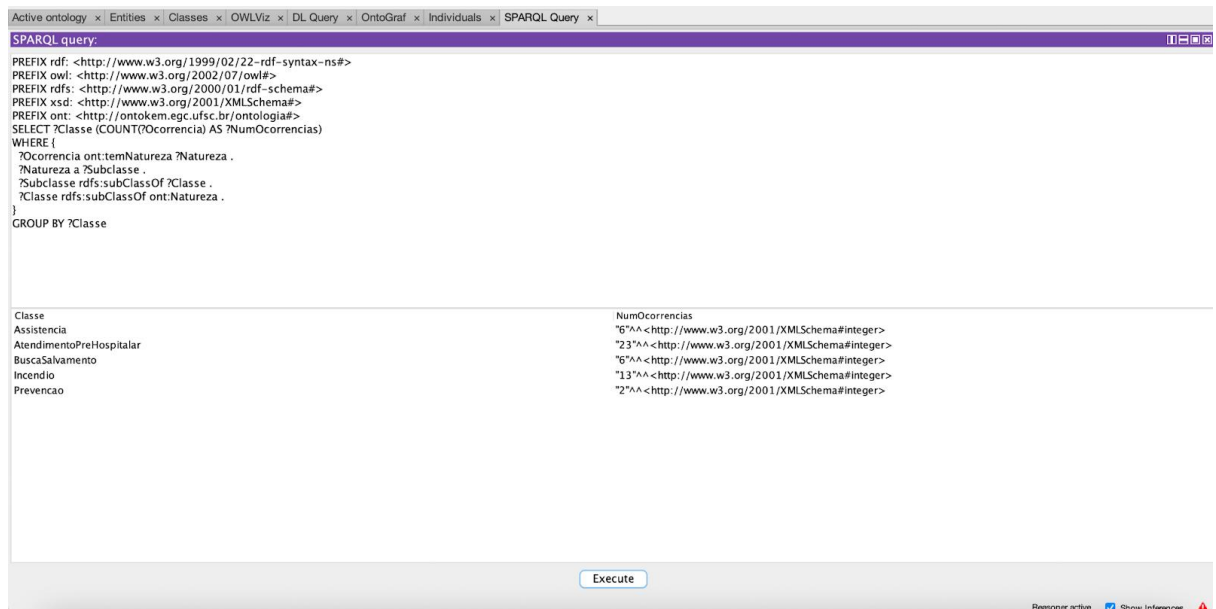
A consulta retornou informações detalhadas sobre cada ocorrência, incluindo a natureza associada, o ID da ocorrência, o município onde foi registrada, a data e hora do registro, e o código da natureza.

### 6.3.2 Contar Ocorrências por Classes e subclasses de Natureza

Nas duas consultas seguintes, apresentadas nas Figuras 29 e 30, foram realizadas buscas muito comuns entre os gestores de dados dos corpos de bombeiros verificando a quantidade de ocorrências registradas para cada classe de natureza.

Considerando que as Naturezas são instanciadas nas subclasses de nível mais baixo e maior detalhamento da Ontologia, estas consultas, ao agrupar e contar as instâncias pertencentes a uma mesma classe, foram fundamentais para demonstrar a capacidade da ontologia de gerenciar hierarquias detalhadas de classes e subclasses de naturezas de ocorrências e validar a consistência lógica e a inferência dentro da estrutura ontológica.

Figura 29 - Quantidade de Ocorrências Registradas por Classes de Naturezas



Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

Figura 30 - Quantidade de Ocorrências Registradas por Subclasses de Naturezas

SPARQL query:

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX ont: <http://ontokem.egc.ufsc.br/ontologia#>

SELECT ?Classe ?Subclasse (COUNT(?Ocorrencia) AS ?NumOcorrencias)
WHERE {
  ?Ocorrencia ont:temNatureza ?Natureza .
  ?Natureza rdfs:type ?Subclasse .
  ?Subclasse rdfs:subClassOf ?Classe .
}
GROUP BY ?Classe ?Subclasse
ORDER BY ?Classe ?Subclasse

```

Classe	Subclasse	NumOcorrencias
Assistencia	ApoioADoutrosOrgaos	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Assistencia	CorteArvores	"3"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Assistencia	RetiradaDeAnelJoia	"1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
AtendimentoPreHospitalar	APH_Clinico	"3"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	"20"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
BuscaSalvamento	BuscaSalvamentoOutros	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
BuscaSalvamento	ResgateAnimal	"3"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
BuscaSalvamento	SalvamentoEspacoConfinado	"1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Incendio	IncendioEmLixo_ViaPublica_Terreno	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Incendio	IncendioEmVegetacao	"4"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Incendio	IncendioEstrutural	"6"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Incendio	IncendioMeioDeTransporte	"1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
Prevencao	PontoBase	"2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>

Execute

Reasoner active Show Inferences

Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

### 6.3.3 Listar ocorrências conforme filtros

As duas consultas seguintes verificaram a capacidade da ontologia de suportar consultas temporais, espaciais e temáticas, por meio dos filtros aplicados para restringir resultados.

Na consulta da Figura 31, o filtro implementado foi temporal, retornando ocorrências registradas entre "2023-12-02T00:00:00" e "2023-12-02T23:59:59". A consulta retornou todas as ocorrências registradas dentro do período especificado.

Figura 31 - Lista de ocorrências com filtro temporal

Ocorrencia	DataHora
Ocorrencia_01	"2023-12-01T08:34:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_02	"2023-12-01T10:01:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_03	"2023-12-01T12:18:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_04	"2023-12-01T13:18:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_05	"2023-12-01T14:42:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_06	"2023-12-01T16:01:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_13	"2023-12-02T00:00:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_07	"2023-12-02T00:55:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_08	"2023-12-02T06:25:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_09	"2023-12-02T12:52:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_10	"2023-12-02T16:27:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_11	"2023-12-02T18:17:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>
Ocorrencia_12	"2023-12-02T19:52:00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime>

Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

Na segunda consulta, apresentada na Figura 32, os filtros foram mais complexos, associando natureza, período de registro e cidade do registro. Essa consulta demonstrou que a ontologia pode suportar filtros combinados, retornando ocorrências de uma natureza específica, em um período e local definidos. Esses resultados validam a ontologia ao mostrar sua capacidade de detalhar e filtrar ocorrências específicas.



Figura 32 - Lista de Ocorrências com filtro temporal, espacial e temático

The screenshot shows a SPARQL query interface with the following query:

```

SPARQL query:
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX ont: <http://ontokem.egc.ufsc.br/ontologia#>

SELECT ?Ocorrencia ?idOcorrencia ?Natureza ?codNatureza ?Classe ?Subclasse ?DataHora_do_Registro ?Municipio_do_Registro
WHERE {
  ?Ocorrencia ont:temNatureza ?Natureza ;
    ont:DataHora_do_Registro ?DataHora_do_Registro ;
    ont:idOcorrencia ?idOcorrencia ;
    ont:Municipio_do_Registro ?Municipio_do_Registro .
  ?Natureza rdfs:type ?Subclasse ;
    ont:CodigoNatureza ?codNatureza .
  ?Subclasse rdfs:subClassOf ?Classe .
  ?Classe rdfs:subClassOf ont:AtendimentoPreHospitalar .
  FILTER (?DataHora_do_Registro >= "2023-12-04T00:00:00"^^xsd:dateTime && ?DataHora_do_Registro <= "2023-12-04T23:59:59"^^xsd:dateTime)
}
ORDER BY ?DataHora_do_Registro

```

Ocorrencia	idOcorrencia	Natureza	codNatureza	Classe	Subclasse	DataHora_do_Registro	Municipio_do_Registro
Ocorrencia_22	"53064333"	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITAL	"M01G03"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	"2023-12-04T00:00:00"^^<	"Vitória-ES"
Ocorrencia_19	"53061106"	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITAL	"M01G03"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	"2023-12-04T06:45:00"^^<	"Vitória-ES"
Ocorrencia_24	"53066835"	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITAL	"M01G01"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	"2023-12-04T17:23:00"^^<	"Vitória-ES"
Ocorrencia_25	"53066965"	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITAL	"M01G03"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	"2023-12-04T17:34:00"^^<	"Vitória-ES"
Ocorrencia_26	"53068153"	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITAL	"M01A02"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	"2023-12-04T19:48:00"^^<	"Vitória-ES"
Ocorrencia_28	"53069532"	ATENDIMENTO_PRÉ-HOSPITAL	"M01G03"	AtendimentoPreHospitalar	APH_Trauma	"2023-12-04T22:40:00"^^<	"Vitória-ES"

Fonte: Protégé (2024), ontologia em desenvolvimento pelo autor

## 6.4 PESQUISA AOS ESPECIALISTAS

Para a realização da pesquisa, foram selecionados 12 (doze) especialistas bombeiros militares integrantes de Corpos de Bombeiros Militares de diferentes estados e regiões, a saber: Norte (Acre); Centroeste (Mato Grosso e Distrito Federal); Nordeste (Pernambuco, Bahia e Sergipe); Sudeste (Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais); Sul (Santa Catarina e Paraná).

A escolha dos especialistas obedeceu a alguns critérios:

- Atuar a pelo menos 04 anos em áreas de interesse para a pesquisa, a saber: gestão de dados, informações e conhecimentos, análise estatística, tecnologia da informação, coordenação de centros de resposta a emergências e coordenação operacional no atendimento de ocorrências com naturezas objetos da pesquisa.
- Possuir afinidade e acesso aos sistemas de registro de ocorrências de sua corporação bombeiro militar.
- Fazer uso dos meios eletrônicos de comunicação costumeiramente.

### 6.4.1 Aplicação do Método Delphi – Primeira Rodada

A primeira rodada de questionários visou apresentar a estrutura da ontologia em alto nível e os conceitos relacionados às Ocorrências de Busca e Salvamento. Foi escolhida a Classe de Naturezas de Busca e Salvamento por se tratar de uma classe que envolve terminologias e classificações muito variada entre as corporações, buscando assim estabelecer um consenso na parte mais complexa da ontologia.

Os conceitos foram apresentados em uma escala de Likert, permitindo aos participantes concordar ou discordar. Caso não concordassem totalmente com um conceito, os participantes poderiam justificar sua posição e recomendar aperfeiçoamentos, conforme ilustrado na Figura 33, que apresenta um trecho do formulário enviado.

Além da avaliação dos conceitos, o primeiro questionário também avaliou a adaptação da estrutura ontológica à realidade das corporações dos participantes, considerando os princípios de design de ontologias desejados, a saber: clareza, coerência, extensibilidade, minimalismo e viés mínimo de codificação.

Figura 33 - Trecho do Formulário Enviado aos Especialistas

**Busca e Salvamento** é Tipo de Natureza de Ocorrência que descreve operações \* destinadas a localizar, resgatar ou recuperar pessoas, animais ou bens, que estão perdidos, presos ou inacessíveis, ou em situações de perigo iminente, em ambientes diversos como terrestres, verticais, aquáticos, submersos, selvagem, montanhoso, entre outros.

Discordo Totalmente    Discordo    Nem concordo nem discordo    Concordo    Concordo Totalmente

Quanto ao conceito proposto

Você tem sugestões de alterações para o conceito de "Busca e Salvamento"? Se sim, por favor detalhe.

Sua resposta \_\_\_\_\_

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Dos 12 (doze) questionários enviados na primeira rodada, obteve-se o retorno de 11 especialistas, com os seguintes índices de aceitação aos conceitos propostos indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados de aplicação da primeira rodada do método Delphi quanto aos conceitos propostos

Conceito	Discorda ou Discorda Totalmente	Indiferente	Concorda ou Concorda Totalmente
Busca e Salvamento	0	0	11
Mergulho de Segurança Pública	1	1	9
Salvamento Aquático	1	0	10
Salvamento em Águas Rápidas	1	1	9
Salvamento em Altura	1	0	10
Salvamento em Espaço Confinado	1	0	10
Salvamento em Estruturas Colapsadas	0	0	11
Salvamento em Vala ou Soterramento	0	0	11
Salvamento em Selva ou Floresta	1	0	10
Salvamento Veicular ou em Máquinas	2	0	9
Salvamento envolvendo Eletrecidade	1	1	9
Operações Aéreas	1	2	8
Resgate de Animais	0%	0%	11
Outras Ocorrências de Busca e Salvamento	1	0%	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A avaliação dos especialistas quanto aos conceitos propostos, demonstrou uma aceitação geral positiva dos conceitos propostos, com a maioria dos conceitos recebendo uma alta taxa de concordância. No entanto, alguns conceitos apresentaram áreas de discordância que precisaram ser consideradas.

Quanto aos princípios de design desejados, a Tabela 2 apresenta o nível de concordância dos especialistas.

Tabela 2 - Resultados de aplicação da primeira rodada do método Delphi quanto aos princípios de design desejados para a Ontologia

Princípio de Design da Ontologia	Discorda ou Discorda Totalmente	Indiferente	Concorda ou Concorda Totalmente
Completezude: Cobre todos os conceitos e relações relevantes dentro do domínio	1	3	7
Clareza: Comunica de forma eficaz o significado pretendido	0	0	11
Coerência: Permite inferências lógicas, sem ambiguidades ou contradições	0	1	10

Extensibilidade: Permite definir novos termos com base no vocabulário existente, sem necessidade de revisões dos conceitos atuais	0	1	10
Minimalismo: Conceitua apenas os termos essenciais para uma comunicação	0	1	10
Viés mínimo: A conceituação é imparcial e independente	0	2	09

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A avaliação dos especialistas quanto aos princípios de design evidenciou praticamente nenhuma discordância, o que permite concluir que a Ontologia atende aos princípios de design desejados. Entretanto, ainda que por uma quantidade mínima de discordância (1 discordância e 3 indiferenças), foi possível evidenciar a necessidade de revisar a completude.

Para atender as considerações acima e necessidades de revisões e manutenções na ontologia, foram analisados os comentários dos especialistas. Foram recebidas um total de 28 (vinte e oito) sugestões de melhorias. Essas contribuições incluíram sugestões de ajustes nos conceitos, propostas de substituição dos nomes das classes, e recomendações para exclusão ou inclusão de novas classes.

Das 28 sugestões recebidas, 16 sugestões foram diretamente incorporadas à ontologia. Os conceitos revisados foram então apresentados na segunda rodada, já com os ajustes realizados.

Entre as sugestões incorporadas destaca-se a três alterações realizadas na estrutura da ontologia:

- i. Operações Aéreas: Elevada ao nível de Classe de Natureza, devido ao seu amplo escopo de ações além de busca e salvamento.
- ii. Salvamento Veicular e em Máquinas: Desmembrada em duas subclasses distintas, para melhor abordar as especificidades de cada tipo de resgate.
- iii. Salvamento Envolvendo Eletricidade: Excluída como classe específica e considerada apenas como um tipo de risco presente em diversas naturezas de ocorrência.

Além disso, duas subclasses de Busca e Salvamento tiveram o nome ajustados:

- i. Salvamento em Selva ou Floresta foi alterado para Salvamento em Selva ou Áreas Remotas.
- ii. Resgate de Animais foi substituído por Resgate Técnico de Animais

As demais sugestões incorporadas de imediato foram ajustes nos conceitos para garantir uma abrangência suficiente ou para excluir a possibilidade de ambiguidades apontadas pelos especialistas.

Já as 12 sugestões restantes foram apresentadas no questionário da segunda rodada para serem avaliadas por todos os especialistas, junto com esclarecimentos adicionais. Essas sugestões incluíram propostas mais complexas, conflitantes ou que necessitavam de uma avaliação mais detalhada para determinar sua viabilidade na ontologia.

#### **6.4.2 Aplicação do Método Delphi – Segunda Rodada**

A segunda rodada do método Delphi focou em consolidar e validar as revisões realizadas na ontologia com base no feedback dos especialistas coletado na primeira rodada. Nesta etapa, os especialistas foram convidados a reavaliar os conceitos ajustados e a revisar sugestões adicionais apresentadas.

Um novo questionário foi enviado aos especialistas, contendo:

- a) Nova estrutura proposta: Uma seção com alterações na estrutura da Ontologia, sendo 5 alterações propostas, relacionadas a mudança de nível, desmembramentos e exclusão de conceitos e alterações de nomes dos termos.
- b) Conceitos Revisados: Uma seção com os conceitos ajustados com base nas 16 sugestões incorporadas, solicitando aos especialistas que avaliem se as alterações são satisfatórias e se atendem às expectativas.
- c) Sugestões Pendentes: Uma seção apresentando as 12 sugestões restantes, juntamente com os esclarecimentos adicionais, pedindo aos especialistas que revisem e avaliem a viabilidade de cada sugestão para inclusão ou modificação na ontologia.

O questionário da segunda rodada foi enviado para os 11 especialistas que participaram da primeira rodada e obteve-se resposta de 08 especialistas.

Inicialmente, foram analisadas as 05 alterações sugeridas e incorporadas na estrutura da ontologia, que incluiu a separação de Salvamento Veicular e Salvamento em Maquinário em duas classes distintas; a subida de nível de Operações Aéreas para ser uma Classe de Natureza; a exclusão de Salvamento envolvendo Eletricidade como Subclasse, passando a se tratar como

tipo de risco envolvido na ocorrência e as modificações nos nomes de duas naturezas para Busca e Salvamento em Selva e Áreas Remotas Resgate Técnico de Animais. O resultado da concordância das alterações é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados de aplicação da segunda rodada do método Delphi quanto às alterações na Estrutura da Ontologia

<b>Alterações na Estrutura da Ontologia</b>	<b>Discorda ou Discorda Totalmente</b>	<b>Indiferente</b>	<b>Concorda ou Concorda Totalmente</b>
Separação de Salvamento Veicular e Salvamento em Maquinário	0	1	7
Subida de nível de Operações Aéreas	2	1	5
Exclusão de Salvamento envolvendo Eletricidade	0	1	7
Nome: Busca e Salvamento em Selva e áreas Remotas	0	1	7
Nome: Resgate Técnico de Animais	0	0	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Apenas a alteração referente à subida de nível de Operações Aéreas gerou discordâncias. O conceito anterior, que posicionava Operações Aéreas como subclasse de Busca e Salvamento, poderia causar conflitos e ambiguidades, já que algumas operações aéreas também se relacionam com outras classes, como Atendimento Pré-Hospitalar, Salvamento Aquático e Defesa Civil. Considerando que a maioria dos especialistas concordou com a alteração, ela será mantida.

A tabela 4 apresenta os resultados quanto à revisão dos conceitos que foi incorporada após a primeira rodada.

Tabela 4 - Resultados de aplicação da segunda rodada do método Delphi quanto às revisões nos conceitos incorporadas

<b>Conceito</b>	<b>Discorda ou Discorda Totalmente</b>	<b>Indiferente</b>	<b>Concorda ou Concorda Totalmente</b>
Busca e Salvamento	0	1	7
Mergulho de Segurança Pública	1	0	7
Salvamento Aquático	0	1	7
Salvamento em Altura	0	1	7
Salvamento em Espaço Confinado	0	1	7
Salvamento em Estruturas Colapsadas	0	1	7
Salvamento em Vala ou Soterramento	0	1	7
Salvamento em Selva ou Floresta	0	1	7
Salvamento Veicular	0	1	7
Salvamento em Maquinário	0	1	7

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Somente o conceito revisado de Mergulho de Segurança Pública teve uma única dissidência. O especialista propôs a retirada do seguinte trecho: "Essas operações são conduzidas utilizando equipamentos específicos de mergulho autônomo", pois existem outros sistemas além do autônomo de mergulho. A sugestão foi aceita e incorporada ao conceito para a obtenção de consenso.

Por fim, as 12 sugestões da primeira rodada que ficaram pendentes foram reavaliadas na segunda rodada após manifestação da posição do pesquisador e avaliação pelos especialistas. A Tabela 5 apresenta as posições do pesquisador (Autor), as novas opiniões dos especialistas, e a decisão consensual tomada.

Tabela 5 - Revisão das sugestões pendentes da primeira rodada

N	Posição do Autor	Discorda	Indiferente	Concorda	Consenso
1	Manter Explosão como classe apartada de Busca e Salvamento	1	0	7	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
2	Manter nome da Classe Busca e Salvamento	0	0	8	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
3	Considerar veículos, materiais e equipamentos como instâncias da classe "Bens"	0	1	7	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
4	Manter Mergulho de Segurança Pública como subclasse apartada de Salvamento Aquático	1	0	7	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
5	Manter Salvamento em Águas Rápidas como subclasse de Salvamento Aquático	0	1	7	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
6	Manter Soterramento como subclasse apartada de Estruturas Colapsadas	1	0	7	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
7	Manter a existência da subclasse "Outras Ocorrências de Busca e Salvamento"	1	0	7	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
8	Manter Captura de Insetos como subclasse de Assistência	3	0	5	Revisar a classificação, pois há uma significativa discordância
9	Manter Corte de Árvores como subclasse de Assistência	2	2	4	Revisar a classificação, pois a opinião está dividida.
10	Manter Extração de Objetos como subclasse de Assistência	2	0	6	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
11	Manter Esgotamento como subclasse de Assistência	2	1	5	Manter a posição do autor, pois a maioria concorda
12	Manter Tentativa de Suicídio como subclasse de Atendimento Pré-Hospitalar	6	2	0	Revisar a classificação, a maioria discorda

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Como observado na coluna de Consenso da Tabela 5, foi necessário revisar apenas as classificações de Captura de Insetos, Corte de Árvores e Tentativa de Suicídio. Essas três

subclasses foram reclassificadas para Naturezas de Busca e Salvamento na Ontologia, de forma a alcançar o consenso, clareza, coerência, completude e viés mínimo de codificação.

Assim, segunda rodada do método Delphi resultou na validação de várias revisões na estrutura e nos conceitos da ontologia, com a maioria das alterações sendo amplamente aceitas pelos especialistas. Alguns ajustes adicionais foram necessários para obter consenso total, especialmente nas classificações de Captura de Insetos, Corte de Árvores e Tentativa de Suicídio.

Os objetivos principais da avaliação dos especialistas, que são verificar, fundamentalmente, a clareza, a coerência e a completude da ontologia, foram alcançados. Além disso, as atividades de manutenção asseguraram a persecução de todo o ciclo da metodologia de desenvolvimento de ontologias Methontology, garantindo que a ontologia continue a evoluir e se adaptar a novas necessidades e conhecimentos.

Dado que as sugestões incorporadas foram consensualmente aceitas e que as revisões finais foram bem recebidas, não se considerou necessária uma terceira rodada. A ontologia atendeu aos critérios de design para o qual foi projetada.



## 7 CONCLUSÕES

### 7.1 RESULTADOS

Este trabalho teve como objetivo geral desenvolver uma abordagem para integração de dados e informações sobre ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil.

Através da pesquisa, foi possível estabelecer no capítulo 2 um framework de dados, informações e conhecimentos no âmbito do ciclo operacional de bombeiros, a luz dos processos de gestão do conhecimento, visando uma melhoria contínua das atividades operacionais da corporação.

O framework demonstra como dados e informações identificados e armazenados nas ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares podem ser valorados por meio da integração e análise, criando conhecimento para ser compartilhado e aplicado nas diversas fases do ciclo operacional de bombeiros. A aplicação deste conhecimento permite decisões estratégicas fundamentadas, revisão de procedimentos operacionais, indicação de campanhas preventivas mais eficazes, direcionam o treinamento, entre diversos outros pontos de interesse.

Este framework, além de cumprir com o primeiro objetivo específico da pesquisa, ofereceu uma visão geral sobre o conhecimento do domínio que se buscava representar, permitindo identificar quais eram os dados, informações e conhecimentos relevantes para serem objeto de integração e interoperabilidade entre os sistemas de registros de ocorrências dos diversos corpos de bombeiros militares.

Em seguida, buscou-se no capítulo 3 identificar métodos e ferramentas eficazes para essa integração. A pesquisa encontrou diversas tecnologias desenvolvidas para integração de dados nos últimos 30 anos, mas identificou que um problema comum para todas as tecnologias é a heterogeneidade semântica, ou seja, a falta de uma conceitualização consensual entre os diversos sistemas a serem integrados. Assim, o primeiro passo para uma abordagem eficaz de integração é estabelecer uma interoperabilidade semântica.

A literatura estudada indicou que o desenvolvimento de uma ontologia, como uma especificação parcial, formal e explícita de uma conceitualização compartilhada, analisada em um domínio específico, uma das alternativas mais promissoras para solucionar questões relativas à interoperabilidade.

Assim, alcançou-se o segundo objetivo específico da pesquisa, escolhendo o desenvolvimento de uma Rede de Ontologias como artefato base para promover a integração de dados e informações dos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil.

A rede de ontologia foi escolhida como base dessa abordagem devido à sua capacidade de fornecer uma estrutura conceitual clara e bem definida. Este arcabouço conceitual é fundamental para superar as limitações associadas à heterogeneidade dos sistemas de informação existentes. A ontologia permite a padronização dos termos e conceitos utilizados, facilitando a interoperabilidade entre diferentes sistemas tecnológicos. Sem essa base conceitual, a integração e o compartilhamento de dados seriam significativamente mais difíceis, independentemente das tecnologias empregadas.

A proposta e especificação da Rede de Ontologias (ON) para o Processo de Atendimento de Ocorrências do Corpo de Bombeiros Militares (OCOB-ON) foi desenvolvida e apresentada no capítulo 4, buscando alcançar toda complexidade e abrangência do domínio da atuação operacional dos Corpos de Bombeiros Militares. A rede inclui várias ontologias inter-relacionadas, como a Ontologia das Naturezas de Ocorrências (ONAT), Ontologia da Ocorrência (ONOC), Ontologia do Atendimento (ONATEN), Ontologia da Articulação Operacional (ONAO) e a Ontologia do Registro Administrativo de Ocorrências Atendidas (ORAOC).

O desenvolvimento e implementação da Ontologia das Naturezas de Ocorrências (ONAT), em particular, mostrou-se essencial. A categorização e classificação das naturezas de uma ocorrência é a base de todos os demais dados e informações. Através do método empregado para o desenvolvimento da ONAT, foi possível estabelecer uma padronização de conceitos e relações entre as naturezas de forma consensual, envolvendo especialistas de 11 corporações e estados distintos. Isto representa um importante avanço para a implementação futura de toda a rede OCOB-ON. Além disso, os métodos empregados para o desenvolvimento e validação da ONAT podem ser replicados para o desenvolvimento das demais ontologias da rede.

A proposição da Rede de Ontologias OCOB-ON e a implementação da ONAT foram estabelecidos como o artefato proposto para a interoperabilidade semântica de dados, informações e conhecimentos de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil, alcançando assim, o terceiro objetivo específico do trabalho.

Por fim, no capítulo 6, foram apresentadas a avaliação e validação. A validação foi realizada através da implementação de instâncias reais no Protégé, uma ferramenta de construção de ontologias. Dados de 50 ocorrências foram instanciados na ontologia. Em

seguida, foram desenvolvidas consultas utilizando SPARQL, permitindo listar ocorrências e suas naturezas, detalhar ocorrências e suas propriedades de dados, contar ocorrências por classe e subclassificação de natureza, e listar ocorrências conforme filtros específicos. Essas consultas demonstraram a aplicabilidade e utilidade do modelo em cenários operacionais reais.

A avaliação dos especialistas foi realizada utilizando o método Delphi, que permitiu coletar feedback e obter consenso sobre a eficácia e a relevância do modelo proposto. Os especialistas validaram a utilidade da ontologia para melhorar a gestão de informações e a tomada de decisões estratégicas nos Corpos de Bombeiros Militares.

A avaliação dos especialistas indicou que a ONAT seguiu as especificações e os princípios de design para o qual foi projetada, em especial quanto a clareza, a coerência e a completude da ontologia.

A validação da ONAT com utilização de dados do mundo real e a avaliação por meio de especialistas, permitiu alcançar o quarto e último objetivo específico do trabalho.

Assim, a rede de ontologia proposta, juntamente com a implementação de parte dela, se consolida como o principal resultado da pesquisa, atendendo ao objetivo geral de desenvolver uma abordagem para integração de dados e informações de ocorrências atendidas pelos Corpos de Bombeiros Militares no Brasil.

## 7.2 RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

Os achados deste trabalho são significativos, pois oferecem um caminho para a solução de um problema persistente no âmbito dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil. A integração nacional dos dados e informações das ocorrências não apenas facilita a gestão interna das corporações em cada estado, mas também promove uma padronização que potencializa a capacidade de resposta e a eficácia das ações de combate, preparação e prevenção a incêndios e outros sinistros em todo o país.

Neste sentido, o estudo contribui para o Sistema Único de Segurança Pública, fornecendo um modelo para a padronização de termos e conceitos, essencial para a construção de uma integração nacional e para a melhoria do ciclo operacional das corporações.

Além disso, no âmbito acadêmico, o estudo demonstra uma aplicação prática de diversas metodologias de forma integrada, oferecendo um método robusto para a representação de conhecimento em um domínio complexo e abrangente que pode ser generalizado. Isso

enriquece a literatura acadêmica ao proporcionar uma abordagem concreta e adaptável para o desenvolvimento de ontologias, servindo como uma base sólida para pesquisas futuras e potencialmente influenciando a prática em outras áreas do conhecimento.

### 7.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Apesar dos resultados promissores, a pesquisa enfrentou algumas limitações. A falta de padronização nos registros de dados e informações de ocorrências entre as 27 corporações de bombeiros militares do Brasil foi um desafio para a criação de um modelo unificado e padronizado bem como para a obtenção de consenso. Cada corporação utiliza sistemas e métodos de registro de dados distintos, impossibilitando a comparação de todos os sistemas existentes e a avaliação com a participação de todos os interessados.

A complexidade e a abrangência do domínio de atendimento de ocorrências dos bombeiros também apresentaram desafios significativos. Embora a proposta da rede de ontologias tenha sido estruturada, apenas uma ontologia foi completamente desenvolvida, implementada e avaliada. Esta divisão foi necessária para tornar o trabalho mais gerenciável, mas limitou a avaliação da interconectividade e funcionalidade da rede completa de ontologias.

### 7.4 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Pesquisas futuras poderiam focar no desenvolvimento das demais ontologias da rede OCOB-ON, complementando a ontologia já desenvolvida e avaliada. A expansão do modelo proposto para incluir todas as ontologias da rede permitirá uma avaliação completa da interconectividade e funcionalidade do sistema como um todo.

Durante o estudo, identificamos diversas tecnologias voltadas para a integração de dados. A base fundamental para essa integração é a representação do conhecimento por meio de ontologias. Com as ontologias desenvolvidas, pesquisas futuras também podem explorar como implementar essas soluções utilizando as tecnologias diretamente nas bases de dados. Isso inclui a aplicação de ontologias em sistemas de gerenciamento de dados para melhorar a interoperabilidade e a eficiência do compartilhamento de informações.

Outra área promissora é a integração dessas ontologias com tecnologias emergentes, como inteligência artificial e *machine learning*. Com a integração funcionando, essas tecnologias podem acelerar a produção de conhecimento e aprimorar o ciclo de melhoria

contínua. Isso permitirá decisões mais informadas e baseadas em dados, aumentando a eficácia das operações de segurança pública e aprimorando a gestão de informações estratégicas.

Além disso o desenvolvimento do framework de dados, informações e conhecimentos aplicados no Ciclo Operacional de Bombeiro, a luz dos processos de Gestão do Conhecimento, visando a melhoria contínua das atividades operacionais, é um importante ponto de partida para novos estudos interrelacionando gestão do conhecimento no âmbito dos corpos de bombeiros militares.

Nesta linha, recomenda-se também estudos que explorem como a gestão do conhecimento pode contribuir para criar, compartilhar, armazenar e aplicar o conhecimento gerado a partir da integração dos dados de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares.

## 7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que este estudo oferece uma contribuição significativa para a engenharia e gestão do conhecimento e para a segurança pública no Brasil. A proposta de uma rede de ontologias para viabilizar a integração de dados de ocorrências dos Corpos de Bombeiros Militares não apenas atende aos objetivos estabelecidos para este trabalho, mas também abre caminho para melhorias contínuas e inovações na área.

Ao estabelecer uma base sólida para a padronização de dados e a utilização de tecnologias avançadas, o modelo desenvolvido neste trabalho proporciona uma rede abrangente e flexível, que pode ser refinada, implementada, expandida e adaptada para futuras necessidades, promovendo uma gestão do conhecimento mais efetiva no âmbito da segurança pública, especialmente para os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil.

## REFERÊNCIAS

ACKOFF, R. **From data to wisdom**. Journal of Applied Systems Analysis, v. 16, p. 3-9, 1989.

AGUIAR, Camila Zacché de. **Interoperabilidade Semântica entre Códigos-Fonte baseada em Ontologia**. 2021. 191 f. Tese (Doutorado em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021. Disponível em: [https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/papercite-data/pdf/interoperabilidade\\_semantica\\_entre\\_codigos\\_fonte\\_baseada\\_em\\_ontologia\\_2021.pdf](https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/papercite-data/pdf/interoperabilidade_semantica_entre_codigos_fonte_baseada_em_ontologia_2021.pdf). Acesso em: 31 Out. 2023.

ALVES, Maria Bernadete Martins; ARRUDA, Susana Margareth. **Como fazer referências: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documento**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, c2001. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/design/framesrefer.php>. Acesso em: 11 abr. 2013.

ALMEIDA, Maurício Barcellos. Uma abordagem integrada sobre ontologias: Ciência da Informação, Ciência da Computação e Filosofia. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 3, p. 242-258, jul./set., 2014.

ALMEIDA, Maurício Barcellos. **Ontologia em Ciência da Informação: Teoria e prática**. Coleção Representação do Conhecimento em Ciência da Informação, vol. 1. 1. ed. Curitiba, Brasil: Editora CRV, 2020. v. 1, 374 p.

APO (Asian Productivity Organization). **Knowledge Management: facilitators guide**. Tóquio, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

BABEL, Rubens José; PARIZOTTO, Walter. Tempo máximo de busca e resgate de vítimas em ocorrências de deslizamentos no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Ignis: Revista Técnico Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**, Florianópolis, v. 4. n. 1. p. 111-121, dez. 2019. Disponível em <https://ignis.emnuvens.com.br/revistaignis/article/view/86>. Acesso em 15 mai. 2023.

BARCELOS, Monalessa Perini 2009. **Uma estratégia para medição de software e avaliação de bases de medidas para controle estatístico de processos de software em organizações de alta maturidade**. 2009. 434 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas

e Computação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/uploads/Monalessa/TeseDoutoradoMonalessa.pdf>. Acesso em 31 out. 2023.

BERGERON, Bryan. *Essentials of knowledge management*. John Wiley & Sons, 2003

BITENCOURT, K.; DURÃO, F.; MENDONÇA, M. **EmergencyFire: An Ontology for Fire Emergency Situations**. In: *Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Multimedia and the Web – WebMedia 2015*, 2015, pp. 73-76. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2820426.2820453>. Acesso em: 01 jul. 2024.

BERNERS-LEE, T. (2006). Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax. Retrieved from <https://tools.ietf.org/html/rfc3986>

BOSTON, **Site of City Of Boston, 2023**. Brief History Of The Fire Department. Disponível em <https://www.boston.gov/departments/fire-operations#brief-history> . Acesso em 18 mai. 2023.

BOTELHO, M. **Aplicação de ontologias na organização de conteúdos para apoio a equipes de desenvolvimento de software**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

BRASIL. **Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei nº 13.675, de 11 de junho de 2018. Institui o Sistema Único de Segurança Pública (Susp) e cria a Política Nacional de Segurança Pública e Defesa Social (PNSPDS)**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 jun. 2018. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/Lei/L13675.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Lei/L13675.htm). Acesso em: 25 jun. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.473, de 10 de maio de 2007. Dispõe sobre cooperação federativa no âmbito da segurança pública e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 11 maio 2007.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Diretoria de Gestão e Integração de Informações. **Apresentação do SINESP**. Brasília, 2024. Slides.

BRACHMAN, Ronald J.; LEVESQUE, Hector J. **Knowledge Representation and Reasoning**. Amsterdam; Boston: Morgan Kaufmann, 2004. 381 p. ISBN 1558609326.

BUREL, G.; PICCOLO, L.S.G.; MEEESTERS, K.; ALANI, H. **Dores—a three-tier ontology for modelling crises in the digital age**. In: *Proceedings of the International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2017)*, Albi, France, May 2017, pp. 834-845. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85030684355&origin=inward&txGid=d117d0d2d24cebf1cff6071eec3ab4be>. Acesso em: 01 jul. 2024.

CABRAL, Rodrigo Bittencourt. **Concepção, implementação e validação de um enfoque para integração e recuperação de conhecimento distribuído em bases de dados heterogêneas**. 2010. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2010.

CAMPOS, Gustavo Corrêa da Silva. Os efeitos dos agentes de risco e dos acidentes de trabalho aos bombeiros militares do município de Lucas do Rio Verde - MT. **Revista Científica PMMT**, Cuiabá, v. 16, n. 02, Jan/Jun 2016. Disponível em: [http://revistacientifica.pm.mt.gov.br/ojs/index.php/semanal/article/view/329/pdf\\_228](http://revistacientifica.pm.mt.gov.br/ojs/index.php/semanal/article/view/329/pdf_228). Acesso em 04 set. 2023.

CAMPOS, Maria Luiza de Almeida. Modelização de domínios de conhecimento: uma investigação de princípios fundamentais. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 22-32, jan./jun. 2004. Disponível em: <http://revista.ibict.br/index.php/ciinf/article/view/56/52>. Acesso em: 31 Out. 2023.

CARVALHO, Diego Gomes; LIRA, Maryanna. **Sistematização do atendimento a incidentes com produtos perigosos nas rodovias maranhenses**. 2017. 156 f. Monografia (Graduação em Formação de Oficiais Bombeiro Militar) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2017. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/896>. Acesso em 05 mai. 2023.

CASTRO, Marcos Adriano Soeiro. **Análise sobre a importância da criação de uma gratificação de compensação orgânica na atividade de mergulho do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão**. 2019. 66 f. Monografia (Graduação em Formação de Oficial Bombeiro Militar) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/953>. Acesso em 29 out. 2023

CBMES. **Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo**. Tabela de Códigos de Incidentes. Extraído do Sistema ECOPS. 2024.

CBMDF. **Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal**. Plano de Preparo. Boletim Geral do CBMDF, Brasília, DF, n. 30, 10 fev. 2012.

CBMMG. **Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais**. Instrução Técnica Operacional nº 25. Padronização do Registro de Eventos do CBMMG. 3. ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2020.

COELHO, António Leça; FERREIRA, Tiago Miguel. Modelação da eficácia da intervenção dos bombeiros no combate a incêndios em meio urbano. **Revista Flammae**, Recife, v. 5, n. 14, , p. 07-23, edição Especial 5, 2019. Disponível em: <https://www.revistaflammae.com/copia-vol-4-numero-11-1>. Acesso em: 30 out. 2023.

CORCHO, Oscar; GOMEZ-PEREZ, Asuncion.; LOPEZ, Mariano Fernandez. Methodologies and methods for building ontologies. In: \_\_\_\_\_. **Ontological engineering**. London: Springer, 2004. p. 107-153.

CORRÊA, Daniele Araujo. **Estudo ergonômico da atividade de combate a incêndio dos bombeiros militares da Paraíba**. 2021. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e



Tecnologia em Saúde) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/4099/2/PDF%20-%20Daniele%20Ara%20c3%20bajo%20Correa>. Acesso em 26 out. 2023.

COSTA, Carlos Marcelo D'Isep. **Corpos de Bombeiros Militares: Uma Abordagem Organizacional. Revista Preleção.** Publicação Institucional da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo – Assuntos de Segurança Pública – ano II, n. 3, abr. 2008. Disponível em: [https://pm.es.gov.br/Media/PMES/Revista%20Prele%20C3%A7%C3%A3o/Revista\\_Prelecao\\_Edicao\\_03.pdf](https://pm.es.gov.br/Media/PMES/Revista%20Prele%20C3%A7%C3%A3o/Revista_Prelecao_Edicao_03.pdf). Acesso em 15 mai. 2023

CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Tradução: Magda Lopes. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 296 p.

CTIF. **World Fire Statistics Report nº 27.** 2022. Disponível em: [https://www.ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF\\_Report27\\_ESG\\_0.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF_Report27_ESG_0.pdf). Acesso em: 25 jun. 2024.

DEMARCHI, Felipe Medeiros. **Salvamento aquático: o uso do smartwatch como um equipamento para modernizar e aperfeiçoar o atendimento do CBMDF.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2021. Disponível em <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/293>. Acesso em 15. mai. 2023.

DETONI, A. A.; MIRANDA, G. M.; RENAULT, L. D.; FALBO, R. A.; ALMEIDA, J. P. A.; GUIZZARDI, G.; BARCELLOS, M. P.. **Exploring the Role of Enterprise Architecture Models in the Modularization of an Ontology Network: A Case in the Public Security Domain.** In: Proceedings of the Enterprise Distributed Object Computing Workshops (EDOCW), IEEE, 2017, p. 117-126.

FALBO, Ricardo de Almeida; MENEZES, Crediné Silva de; ROCHA, Ana Regina. Systematic Approach for Building Ontologies. In: Ibero-American conference on artificial intelligence, 6, 1998, Lisboa. **Anais...** Lisboa: H. Coelho, 1998,

FALBO, Ricardo de Almeida. *et al.* Ontology patterns: Clarifying concepts and terminology. **CEUR Workshop Proceedings**, v. 1188, 2013.

FALBO, Ricardo de Almeida SABiO: Systematic Approach for Building Ontologies. In: Proceedings of the 1st Joint **Workshop ONTO.COM / ODISE** on Ontologies in Conceptual Modeling and Information Systems Engineering. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1301, 2014

FAN, Z.; ZLATANOVA, S. **Exploring ontologies for semantic interoperability of data in emergency response.** *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. III-4, p. 59-65, 2011. DOI: 10.5194/isprsannals-III-4-59-2016. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84867373840&origin=inward&txGid=a05752acf495d2fe882dbaf83156a57b>. Acesso em: 01 jul. 2024.

FARIAS, André Fellipe de Lima. A Música Militar e Sua Relação Com a Atividade de Bombeiro. **Revista Eletrônica de Música da UFAL - MUSIFAL**. Maceió, v. 15, n. 6, 2022. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/musifal/article/view/13072>. Acesso em 26 out. 2023.

FARIAS, Rodrigo de Carvalho. **Mergulho no CBMDF: o próximo passo para evolução**. 2019. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2019. Disponível em <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/64>. Acesso em 15 mai. 2023.

FERREIRA, Maria Inês Garcia Bosca. **Ontologia de Emergência no Apoio à Geração de Soluções de Variabilidade de Planos de Emergência**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/15/teses/867022.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2024.

FILHO, Paulo Roberto Cruz Travassos. **Inclusão do caiaque aberto rígido duplo como equipamento para o salvamento aquático no corpo de bombeiros militar do estado de Roraima**. 2015. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Roraima) - Academia de Polícia Integrada Coronel Santiago, Boa Vista, 2015. Disponível em <https://dspace.mj.gov.br/handle/1/5639>. Acesso em 15 mai. 2023.

FITKAU, Isabelle *et al.* **Building Ontology Preventive Fire Safety**. In: *Fire Safety in Buildings*. Springer, 2021. p. 218-240. Disponível em: <https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=5mJMEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA218&dq=ONTOLOGY+FIRE&ots=WjvKZGcAyV&sig=ctTTtTHvYWxc2SOe2A6v3UmRXy8#v=onepage&q=ONTOLOGY%20FIRE&f=false>. Acesso em: 01 jul. 2024.

GAETE, Rodrigo André Cuevas. **Modelo de interoperabilidade semântica aplicado ao domínio da saúde: um estudo de caso na vigilância alimentar e nutricional**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Ciência da Computação, Brasília, 2012. Disponível em: <http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/11686>. Acesso em: 31 out. 2023.

GAUR, Manas; SHEKARPOUR, Saeedeh; GYRARD, Amelie; SHETH, Amit. **Empathi: An Ontology for Emergency Managing and Planning About Hazard Crisis**. In: 2019 IEEE 13th International Conference on Semantic Computing (ICSC). Anaheim, CA, USA: IEEE, 2019. p. 396-403. DOI: 10.1109/ICSC.2019.8665539. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8665539>. Acesso em: 01 jul. 2024.

GUYO, Eyosias Dawit; HARTMANN, Timo; SNYDERS, Sean. **An ontology to represent firefighters data requirements during building fire emergencies**. *Advanced Engineering Informatics*, 2023. DOI: 10.1016/j.aei.2023.104326. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034623001209>. Acesso em: 01 jul. 2024.

GUIZZARDI, Giancarlo. **Desenvolvimento para e com reuso: Um estudo de caso no domínio de vídeo sob demanda.** 2000. 141f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

GUIZZARDI, Giancarlo. **Ontological foundations for structural conceptual models.** 2005. 441 p. Tese (PhD em Telemática) - University of Twente, Telematica Instituut, Enschede, 2005. Disponível em <http://www.inf.ufes.br/~gguizzardi/OFSCM.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

GUIZZARDI, Giancarlo. Ontological Foundations for Conceptual Modeling with Applications. In: Ralyté, J. *et al.* **Advanced Information Systems Engineering.** CAiSE 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7328. Berlin, Heidelberg: Springer, DOI 10.1007/978-3-642-31095-9\_45.

GOIAS. Corpo de Bombeiros Militar. **História da Corporação.** 1. ed. Goiânia, 2016. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/d.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2023.

GOMES, Éderson Luis Lima, MARQUES, Sandra Marcia Tietz. Olfato canino na missão de busca por cadáver humano: relato de caso. **Revista Agrária Acadêmica**, Imperatriz, V. 5, N. 1, p. 16-28, jan./fev. 2022. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/252718>. Acesso em: 30 out. 2023.

GÓMEZ-PÉREZ, A. *et al.* **Ontological Engineering: with examples from the áreas of knowledge management, e-commerce and the semantic web.** London: Springer-Verlad, 2004

GONZÁLEZ, R. G.. **A Semantic Web Approach to Digital Rights Management.** 2006. Disponível em: <http://rhizomik.net/~roberto/thesis/>. Acesso em: 06 jun. 2024.

GRUBER, T. R. (1993). "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing." *International Journal of Human-Computer Studies*, 43(5-6), 907-928.

GRUBER, T. R. (1995). "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications." *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220.

GUARINO, Nicola; OBERLE, Daniel; STAAB, Steffen. **What Is an Ontology?** In: STAAB, Steffen; STUDER, Rudi. *Handbook on Ontologies.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin, 2nd edition, 2009, p 1-17.

HARRIS, Steve; SEABORNE, Andy. **SPARQL 1.1 Query Language.** W3C Recommendation, 21 March 2013. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>. Acesso em: 01 jul. 2024.

HASSAN, M.K.A.; NAYAN, Mat N. **Ontology-Based Elements Evaluation for Emergency Response Apps: A Delphi Technique Approach.** In: ALLAHVIRANLOO, T.; SALAHSHOUR, S.; ARICA, N. (eds.). *Progress in Intelligent Decision Science. IDS 2020.* Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 1301. Cham: Springer, 2021. p. 54-66.

DOI: 10.1007/978-3-030-66501-2\_5. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66501-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66501-2_5). Acesso em: 01 jul. 2024.

JUNIOR, Walber Meirelles Pessoa. **Histórico e evolução dos bombeiros civis e voluntários ante ao efetivo serviço prestado por bombeiros militares**. 2018. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Academia de Ensino Bombeiro Militar de Goiás, Goiania, 2018. Disponível em <https://bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/TCC-PESSOA.pdf>. Acesso em 15 jul. 2023.

KAYO, E. K.; SECURATO, J. R. Uma análise do método Delphi de previsão tecnológica. *Rev. Adm. de Empresas*, 1997.

KALABOKIDIS, K.; ATHANASIS, N.; VAITIS, M. **OntoFire: an ontology-based geo-portal for wildfires**. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 11, n. 12, p. 3157-3171, 2011. Disponível em: <https://nhess.copernicus.org/articles/11/3157/2011/>. Acesso em: 01 jul. 2024.

KIM, S.; OH, S.G. **Extracting and applying evaluation criteria for ontology quality assessment**. *Library Hi Tech*, v. 37, n. 3, p. 338-354, 2019. DOI: 10.1108/LHT-01-2019-0012. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/LHT-01-2019-0012>. Acesso em: 01 jul. 2024.

KLEIN, Vinicius Barreto. **Uma proposta de modelo conceitual para uso de big data e open data para smart cities**. 2015. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2015.

KRETZER, Juliana; MASSARANI, Marco Aurélio Lino Costa. Proposta de um sistema informatizado para dispositivos móveis com foco na gestão dos recursos do serviço de salvamento aquático do CBMSC. **Ignis: Revista Técnico Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**, Florianópolis, v. 1. n. 2. p. 145-159, nov. 2016. Disponível em <https://ignis.emnuvens.com.br/revistaignis/article/view/32>. Acesso em 15 mai. 2023.

LEAL, Omar Lima; NARDOCCI, Adelaide Cassia. Informações sobre Acidentes com Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Estado de São Paulo: os desafios para a Vigilância em Saúde Ambiental. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 02, maio/ago 2006. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/sausoc/v15n2/11.pdf>. Acesso em 15 mai. 2023

LIGABOM. **Relatório de Ocorrência**. Apresentação do Modelo de Relatório de Ocorrência da LIGABOM. 2007.

LIGABOM. **Relatório de Atividades da Assessoria de Informações Regionais e Estatística**. 2024.

LIMA, J.C. de; CARVALHO, C.L. de. Resource Description Framework (RDF) - Technical Report - RT-INF\_003-05. Relatório Técnico, 2005.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley, 1975.

LIU, Gang; XU, Boshi; TU, Qiang; SHA, Yongzhong; XU, Zijun. **Towards building ontology for community-based fire management**. In: 2011 IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems (ICIS), Guangzhou, China, 2011. p. 789-793. DOI: 10.1109/ICIS.2011.6199460. Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6199460>. Acesso em: 01 jul. 2024.

LOBO, Carlos Eduardo Riberi. **Internacionalização e americanização dos Corpos de Bombeiros e da Defesa Civil entre 1972 e 2008: uma análise comparativa entre os Corpos de Bombeiros Brasileiros e os Corpos de Bombeiros do Cone Sul**. 2009. 300 p. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/handle/handle/4133>. Acesso em 26 out. 2023.

LOPES, Sérgio Luiz Brasileiro; FERNANDES Rosana Joaquim. Uma breve revisão do atendimento médico pré-hospitalar. **Revista Medicina** - Faculdade de Medicina de Riveirão Preto - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, v. 32, n. 4, p. 381-387, dez., 1999. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v32i4p381-387>. Disponível em:

<https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/7740>. Acesso em 30 out. 2023.

LUGON, André Pimentel. **A perícia de incêndio no processo de melhoria contínua do Sistema de Segurança contra Incêndio**. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado) pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Programa de Pós-graduação em Gestão Pública, Vitória, 2018.

MALIZIA, A.; ONORATI, T.; DIAZ, P.; AEDO, I.; ASTORGA-PALIZA, F. **SEMA4A: An ontology for emergency notification systems accessibility**. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 4, p. 3380-3391, 2010. Disponível em:

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-71349084891&origin=inward&txGid=ab937d1afb2254eb95fe7cb38b6b8caa>. Acesso em: 01 jul. 2024.

MARCH, Salvatore T.; SMITH, Gerald F.. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 251-266, dez. 1995. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2).

MARTINO, J. P. *Technological Forecasting for Decision Making*. North-Holland, 1993.

MASA, Panagiota; MEDITSKOS, Georgios; KINTZIOS, Spyridon; VROCHIDIS, Stefanos; KOMPATSIARIS, Ioannis. **Ontology-based Modelling and Reasoning for Forest Fire Emergencies in Resilient Societies**. In: *Proceedings of the 2022 ACM Conference on Information Technology for Social Good (GoodIT '22)*, 2022. p. 354-365. DOI: 10.1145/3549737.3549765. Disponível em:

<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3549737.3549765>. Acesso em: 01 jul. 2024.

MAUS, Alvaro. **Segurança contra sinistros: teoria geral**. 2005. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Estratégica em Segurança Pública) - Curso Superior de Polícia, Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <https://pdfslide.net/documents/seguranca-contra-sinistros-teoria-na-area-de-protecao-contra-incendios.html?page=1>. Acesso em 31 out. 2023.

MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira. Análise da implantação do sistema de atendimento pré-hospitalar móvel em cinco capitais brasileiras. **Cadernos de Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca**, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 24, n. 8, p. 1877-1886, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/csp/2008.v24n8/1877-1886/pt>. Acesso em 15 mai. 2023.

MIRONCZUK, Marcin. **Information Extraction System for Transforming Unstructured Text Data in Fire Reports into Structured Forms: A Polish Case Study**. *Fire Technology*, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-019-00891-z>. Acesso em: 01 jul. 2024.

MORAIS, José Carlos Mendes de. Tecnologia de Combate aos Incêndios Florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 211-216, mai./ago., 2004. DOI <http://dx.doi.org/10.5380/RF.V34I2.2398>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2398>. Acesso em 26 out. 2023.

MUSEN, M. A. **The Protégé Project: A Look Back and a Look Forward**. *AI Matters*, v. 1, n. 4, p. 4-12, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2757001.2757003>. Acesso em: 01 jul. 2024.

NETO, J.; MORAIS, A. Jorge; GONÇALVES, R.; COELHO, AL. **An ontology for fire building evacuation**. In: *Proceedings of the 6th International Congress on Information and Communication Technology (ICICT 2021)*, 2021. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?q=J.%20Neto%2C%20A.J.D.N.%20Morais%2C%20R.%20Gon%2C%20A.7alves%2C%20A.%20Coelho%2C%20An%20Ontology%20for%20Fire%20Building%20Evacuation%2C%20in%3A%20ICICT%202021%20-%206th%20Int.%20Congr.%20Inf.%20Commun.%20Technol.%2C%202021>. Acesso em: 01 jul. 2024.

NIKULINA, Yuliya; SHULGA, Tatyana; SYTNIK, Alexander; FROLOVA, Natalya; TOROPOVA, Olga. **Ontologies of the Fire Safety Domain**. In: *Proceedings of the 2019 International Conference on Information Technology and Systems (ICITS 2019)*, vol. 3, 2019. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-12072-6\\_37](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-12072-6_37). Acesso em: 01 jul. 2024.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05, and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, 2001. Disponível em: <https://www.cs.upc.edu/~jvazquez/teaching/sma-upc/docs/ontology101.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2024.

OLIVEIRA, Bruna Valões de. O voluntariado nos bombeiros em Portugal e no Brasil. **CEDIS Working Papers | Direito, Segurança e Democracia**. 2016. Disponível em: [http://cedis.fd.unl.pt/wp-content/uploads/2017/10/CEDIS-working-paper\\_DSD\\_Ovoluntariado-nos-Bombeiros-em-Portugal-e-no-Brasil.pdf](http://cedis.fd.unl.pt/wp-content/uploads/2017/10/CEDIS-working-paper_DSD_Ovoluntariado-nos-Bombeiros-em-Portugal-e-no-Brasil.pdf). Acessado em: 20 ago. 2023.

OLIVEIRA, Helen Ramalho de. **Brazil burning: em defesa de um sistema nacional de dados de incêndios**. 2023. Dissertação (Mestrado em Governança e Desenvolvimento) –



Programa de Mestrado Profissional em Governança e Desenvolvimento, Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2023. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Luna Santos de Souza.

OLIVEIRA, Vivaldo Gonçalves de. **Salvamento aquático: a viabilidade do uso de flutuadores tele controlados no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/158>. Acesso em 15 mai. 2023.

ONORATI, T.; MALIZIA, A.; DIAZ, P.; AEDO, I. **Modeling an ontology on accessible evacuation routes for emergencies**. *Expert Systems with Applications*, v. 41, n. 16, p. 7124-7134, 2014. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84904315700&origin=inward&txGid=53f9adf0462bf238b01d5745c72b6519>. Acesso em: 01 jul. 2024.

ONTOKEM. Print de tela mostrando a ontologia desenvolvida. 2024. Data de acesso: 01 jul. 2024.

OSTUNI-GAUTHIER, Fernando Álvaro; RAUTENBERG, Sandro; GOMES FILHO, Antonio Costa; TODESCO, José Leomar. **Ferramenta ontoKEM: uma contribuição à Ciência da Informação para o desenvolvimento de ontologias**. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 15, n. 1, p. 80-95, 2010. DOI: 10.1590/S1413-99362010000100014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pci/a/YYtFDcZSSwwKGKpLgHf4PyM/>. Acesso em: 01 jul. 2024.

PACHECO, R. C. S. **Coprodução em ciência, tecnologia e inovação: fundamentos e visões**. In: PEDRO, Joana Maria.; FREIRE, Patricia de Sá. (org.). *Interdisciplinaridade: Universidade e Inovação Social e Tecnológica*. Curitiba: CRV, 2016. p. 21-62. v. 1.

PACHECO, Ana Paula Reusing *et al.* **O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: uma abordagem sistêmica**. PPGEGC. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento - apostila, v. 2, 2012. Disponível em: <http://issbrasil.usp.br/artigos/ana.pdf>. Acesso em 30 out. 2023.

PALHANO, Wagner Ribeiro. **Análise das atribuições dos técnicos de investigação de incêndio do CBMDF, por meio da utilização do processo de raciocínio da teoria das restrições**. 2020. 130 f. Monografia (Curso de Altos Estudos para Oficiais Combatentes do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Departamento de Ensino, Pesquisa, Ciência e Tecnologia, Diretoria de Ensino, Brasília, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/225/1/Monografia%20Final%20-%20CAEO%20-%20PALHANO%202020.pdf>. Acesso em 31 out. 2023.

PEFFERS, Ken; TUUNANEN, Tuure; ROTHENBERGER, Marcus A.; CHATTERJEE, Samir. A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.2753/MIS0742-122240302>. Acesso em: 1 jul. 2024.

PENA, Antonio. “A prevenção é conosco”: novo paradigma para os bombeiros do século XXI. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, Porto, n.º 2, p. 191-213, Dezembro, 2012. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/276562744\\_Bombeiros\\_do\\_seculo\\_XXI\\_-\\_A\\_Prevencao\\_e\\_conosco\\_Novo\\_paradigma\\_na\\_Protecao\\_CivilBombeiros](https://www.researchgate.net/publication/276562744_Bombeiros_do_seculo_XXI_-_A_Prevencao_e_conosco_Novo_paradigma_na_Protecao_CivilBombeiros). Acesso em 15 mai. 2023.

PEREIRA, Larissa Mariany Freiberger. **Uma ontologia para publicação de dados abertos governamentais**. 2017. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2017

PICKLER, Maria Elisa Valentim. Web Semântica: ontologias como ferramentas de representação do conhecimento. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 65-86, jan./abr. 2007. DOI 10.1590/S1413-99362007000100006. Disponível em: <https://www.scielo.br/jpci/a/HHdw6KMPG45HxwShcwTmFSs/abstract/?lang=pt#>. Acesso em 31 out. 2023.

PIMENTEL, Mariano; FILIPPO, Denise; SANTOS, Thiago Marcondes dos. **Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos**. *RE@D - Revista de Educação a Distância e Elearning*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2020, p. 37-61, 26 maio 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.34627/VOL3ISS1PP37-61>. Acesso em: 01 jul. 2024.

**PROTÉGÉ**. Print de tela mostrando a ontologia desenvolvida. 2024. Data de acesso: 01 jul. 2024.

RAUCH, Nadia; FOX, Mark S. **A Fire and Emergency Ontology for City Indicators**. *EIL Working Paper*, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Mark-Fox-11/publication/344132053\\_A\\_Fire\\_and\\_Emergency\\_Ontology\\_for\\_City\\_Indicators/links/5f53e46b458515e96d33089a/A-Fire-and-Emergency-Ontology-for-City-Indicators.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mark-Fox-11/publication/344132053_A_Fire_and_Emergency_Ontology_for_City_Indicators/links/5f53e46b458515e96d33089a/A-Fire-and-Emergency-Ontology-for-City-Indicators.pdf). Acesso em: 01 jul. 2024.

RIBEIRO, Eduardo Henrique; CAMILO, Bruno de César Toledo. **Sistemas de informações geográficas: potencialidades de uso para o ciclo operacional de segurança contra incêndio**. *Ignis: revista técnico científica do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina*, Florianópolis, v. 6, n. 1, jan./jun. 2021. Disponível em: <https://ignis.emnuvens.com.br/revistaignis/article/download/107/108>. Acesso em Acesso em 31 out. 2023.

RODRIGUES, Eduardo Estêvam. **Sistema de Gestão da Segurança contra Incêndio e Pânico nas Edificações**: Fundamentação para uma Regulamentação Nacional. Tese (Doutorado) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre-RS, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/142695>. Acesso em 15 out. 2023.

ROWLEY, J. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, v. 33, n. 2, p. 163-180. doi: 10.1177/0165551506070706, 2007.



SAAD, E.; HINDRIKS, K.V.; NEERINCX, M.A. **Ontology design for task allocation and management in urban search and rescue missions**. 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/0037/c19c7e1a50e9a98969838e098a75c47de1fl.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2024.

SANTOS, Cícero Domingos dos; GONÇALVES, Eduardo Fernandes; OLIVEIRA, Natanael Silva; SOARES, Samuel Fernandes. **Integração de bases de dados e interface tecnológica para apoio à consciência situacional na atividade operacional dos órgãos de segurança pública**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Avançado de Administração Bombeiro Militar) – Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Orientador: Cel PMESP Francisco Alves Cangerana Neto.

SANTOS, Neri dos; RADOS, Gregório Jean Varvakis. Fundamentos teóricos de gestão do conhecimento. S. l.: sn, 2020.

SANTOS, Neri dos; RADOS, Gregório Jean Varvakis. **O que é conhecimento – Parte 2** [Material de apoio de aula online]. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2022.

SANTOS, Flávio Marcelo Risuenho dos; SOUZA, Richard Perassi Luiz de. **O conhecimento no campo de Engenharia e Gestão do Conhecimento**: Perspectivas em Ciência da Informação, v. 15, n. 1, p. 259-281, jan./abr. 2010.

SALM JÚNIOR, José Francisco. **Padrão de projeto de ontologias para inclusão de referências do novo serviço público em plataformas de governo aberto**. 2012. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2017

SCHERP, A. *et al.* Designing core ontologies. **Applied Ontology**, v. 6, n. 3, p. 177–221, 2011. ISSN 15705838.

SENTONE. Rafael Gomes. Emancipação institucional do corpo de Bombeiros do Paraná: uma análise sociológica. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 70940–70961, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n11-014. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/53731>. Acesso em: 29 out. 2023.

SHETH, Amit .P. Changing Focus on Interoperability in Information Systems: From System, Syntax, Structure to Semantics. *In*: GOODCHILD, Michael *et al.* **Interoperating Geographic Information Systems**. The Springer International Series in Engineering and Computer Science, vol 495. Boston: Springer, 1999, p. 5-29. DOI [10.1007/978-1-4615-5189-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5189-8_2).

SILVA, André Thyago Costa. **Exposição dos bombeiros aos riscos ocupacionais nas atividades de resgate em espaços confinados com progressão vertical tipo poço**. 2021. 57 f. Monografia (Graduação em Formação de Oficiais Bombeiro Militar) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/1483>. Acesso em 15 mai. 2023.

SILVA, Sandro Mendes Leal da. **Formação dos soldados bombeiros do estado do Pará: (re)significações das competências a partir da matriz curricular nacional de segurança pública**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Defesa Social e Mediação de Conflitos) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2015. Disponível em: [https://www.ppgsp.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses\\_e\\_dissertacoes/dissertacoes/2012/201211%20-%20SILVA.pdf](https://www.ppgsp.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses_e_dissertacoes/dissertacoes/2012/201211%20-%20SILVA.pdf). Acesso em 26 out. 2023.

SILVA, Daniel Lucas; SOUZA, Renato Rocha; ALMEIDA, Maurício Barcellos. Ontologias e vocabulários controlados: comparação de metodologias para construção. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 37, n.3, p. 60-75, set./dez. 2008. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/21940>. Acesso em: 31 out. 2023.

SILVA, Edson Rosa Gomes da. **Governo eletrônico na segurança pública: construção de um sistema nacional de conhecimento**. 2009. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2009.

SILVA, Jordana Nogueira *et al.* **Desenvolvimento de Ontologia Ciente de Qualidade de Informações para a Melhoria de Consciência Situacional no Domínio de Gerenciamento de Emergências**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/180287/ST2.2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 jul. 2024.

SIMON, Hebert. A. **The sciences of the artificial**. 3. ed. Cambridge: MIT press, 1996. [1ª edição publicado em 1969].

SIRINA, Anna A. **Evenki fire and forest ontology in the context of the wildfires in Siberia**. *Forest Policy and Economics*, v. 130, p. 102524, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1873965221001158>. Acesso em: 01 jul. 2024.

SPERONI, R. de M.; Minicurso: Introdução ao RDF e SPARQL. LOD Brasil – Linked Open Data, 2014.

SUÁREZ-FIGUEROA, M. C.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; MOTTA, E.; GANGEMI, A. (Eds.). **Ontology engineering in a networked world**. Springer Science & Business Media, 2012.

TAY, NNW; KUBOTA, N.; BOTZHEIM, J. **Building ontology for fire emergency planning and support**. 2016. Disponível em: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Building%20ontology%20for%20fire%20emergency%20planning%20and%20support&publication\\_year=2016&author=N.%20Nuo&author=W.%20Tay&author=N.K.%20Ubot&author=J.%20Botzheim](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Building%20ontology%20for%20fire%20emergency%20planning%20and%20support&publication_year=2016&author=N.%20Nuo&author=W.%20Tay&author=N.K.%20Ubot&author=J.%20Botzheim). Acesso em: 01 jul. 2024.

USFA. **NFIRS Complete Reference Guide 2015**. Disponível em: [https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/nfirs/NFIRS\\_Complete\\_Reference\\_Guide\\_2015.pdf](https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/nfirs/NFIRS_Complete_Reference_Guide_2015.pdf). Acesso em: 31 out. 2023.

USFA. **NFIRS Version 5.0 Design Documentation**. Disponível em [https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/nfirs/NFIRS\\_Spec\\_2015.pdf](https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/nfirs/NFIRS_Spec_2015.pdf). Acesso em: 31 out. 2023.

USFA. **U. S. Fire Statistics**. Disponível em <https://www.usfa.fema.gov/statistics/>. Acesso em: 31 out. 2023.

USFA. **History of the United States Fire Administration**. Disponível em <https://netc-library.libguides.com/usfa>. Acesso em: 31 out. 2023.

VAISHNAVI, Vijay; KUECHLER, William. **Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

VIDAL, V.V. **Cromatografia na perícia de incêndios: técnicas para detecção de agentes acelerantes**. 2007. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Segurança Pública com ênfase na Gestão de Serviços de Bombeiro) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

W3C. (2014). RDF 1.1 Primer. Retrieved from <https://www.w3.org/TR/rdf11-primer/>

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. 4. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 111 p.

WOLKMER, Paulo Eduardo de Carvalho. O corpo de bombeiros militar, a defesa civil e a constituição de 1988. **Homens do Mato - Revista Científica de Pesquisa em Segurança Pública**, Cuiabá, v. 13, n. 1, jul./dez., 2014. Disponível em: <http://revistacientifica.pm.mt.gov.br/ojs/index.php/semanal/article/view/227>. Acesso em 15 mai. 2023.

WRIGHT, G.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Cad. De Saúde Pública*, 2000.

ZAMBORLINI, Veruska Carreta. **Estudo de alternativas de mapeamento de ontologias da linguagem OntoUML para OWL: abordagens para representação de informação temporal**. 2011. 205 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011. Disponível em: [https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/papercite-data/pdf/estudo\\_de\\_alternativas\\_de\\_mapeamento\\_de\\_ontologias\\_da\\_linguagem\\_ontouml\\_para\\_owl\\_abordagens\\_para\\_representacao\\_de\\_informacao\\_temporal\\_2011.pdf](https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/papercite-data/pdf/estudo_de_alternativas_de_mapeamento_de_ontologias_da_linguagem_ontouml_para_owl_abordagens_para_representacao_de_informacao_temporal_2011.pdf). Acesso em 31 out. 2023.