



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Inês Sofia Pereira Pacheco Severino

Processo de Aquisição de Conhecimento de um Sistema Inteligente de Gestão de Emergências

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Marinha

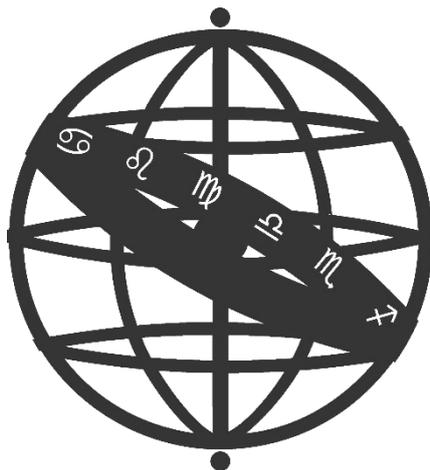


Alfeite
2017



ESCOLA NAVAL

talant de biẽ-faire



Inês Sofia Pereira Pacheco Severino

Processo de Aquisição de Conhecimento de um Sistema Inteligente de Gestão de Emergências

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Marinha

Orientação de: CALM Mário Simões Marques

Coorientação de: Prof. Anacleto Cortez e Correia

O Aluno Mestrando

O Orientador

ASPOF Pacheco Severino

CALM Mário Simões Marques

**Alfeite
2017**

Epígrafe

“There are no secrets to success.

It is the result of preparation, hard work, and learning from failure.”

Colin Powell

Dedicatória

Dedico esta dissertação aos meus pais e à minha irmã, que sempre me transmitiram a coragem necessária para enfrentar os desafios impostos e ultrapassar os obstáculos que têm atravessado o meu caminho.

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha gratidão a todos aqueles que me ajudaram, encorajaram e contribuíram para a realização da minha dissertação de mestrado:

ao meu Orientador, Sr. Almirante Mário Simões Marques, pela forma como orientou o meu trabalho, pelo tempo que disponibilizou para me ajudar e por partilhar comigo o seu conhecimento.

ao meu coorientador, Sr. Professor Anacleto Cortez e Correia, pelo apoio, disponibilidade e confiança que em mim depositou, bem como os conselhos, sugestões e incentivo quando sentia que tinha perdido o rumo do trabalho.

aos intervenientes no projeto THEMIS, que sempre tiveram uma palavra de apoio e conselhos a transmitir.

aos meus camaradas ASPOF Santos Bica e ASPOF EN-AEL Fernandes Rodrigues, que sempre me apoiaram e que nunca me deixaram cruzar os braços, mesmo em momentos mais atribulados.

aos meus pais, aos meus avós e à minha irmã, pelos valores transmitidos e por me terem sempre apoiado em todas as decisões que tomei, sem nunca duvidarem das minhas capacidades, suportando a minha ausência por longos períodos. Obrigado!

ao Rodolfo, um especial agradecimento, por nunca me ter deixado perder o Norte.

Resumo

A Gestão de Emergências é um processo complexo, com uma grande relevância na sociedade, uma vez que a resposta a catástrofes naturais ou tecnológicas requer a colaboração e cooperação de atores civis e militares, na assistência a populações, em situações de desastre e ajuda humanitária. Gerir o grande volume de informação e conhecimento, por vezes disperso e de natureza incerta, que caracteriza estas situações, representa um desafio para os decisores, que se veem pressionados a tomar decisões críticas, num curto espaço de tempo. Atualmente, em virtude do crescimento exponencial das novas tecnologias, é notório o investimento em Sistemas de Informação para o auxílio de situações complexas, de modo a que os gestores de emergências sejam apoiados nas suas decisões. Este suporte é proporcionado por Sistemas Inteligentes baseados no Conhecimento, que têm como finalidade a Gestão do Conhecimento, para um aconselhamento eficaz em situações de crise.

A Gestão do Conhecimento desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de um Sistema Inteligente, por ser o processo, também designado de Engenharia do Conhecimento, que conduz à aquisição, compilação e partilha do conhecimento, envolvido no processo de tomada de decisão do domínio específico do problema, sendo necessário que tal conhecimento seja interpretado não só por humanos, mas também computacionalmente. Com base neste conhecimento e nos factos que ocorrem numa situação concreta, é possível executar modelos de inferência, destinados a proporcionar aconselhamento aos utilizadores do sistema.

A presente dissertação de mestrado, integrada no projeto THEMIS, é um contributo para esta problemática e tem como objetivo a construção de uma Base de Conhecimento que armazene conceitos e regras vocacionadas para a Gestão de Emergências. Para este efeito, foi criada uma Ontologia que explicita e estrutura o conhecimento, através das relações entre os seus elementos, com recurso a processos de inferência e consultas à Base de Conhecimento para avaliação da mesma, com o propósito de produzir aconselhamento e apoio à decisão em situações complexas.

Palavras-chave: Base de Conhecimento, Engenharia do Conhecimento, Gestão de Emergências, Gestão do Conhecimento, Ontologia.

Abstract

Emergency Management is a complex process, with great relevance for society, since that a response for natural or technological catastrophes requires the collaboration and cooperation of civilian and military intervenients, for population assistance, in disaster situations and humanitarian aid. Managing the great volume of information and knowledge, which describes these situations and can be of disperse and uncertain nature, represents a challenge to the deciders, which are pressured to take critical decisions, in a short window of time. Nowadays, in virtue of the exponential growth of new technologies, the development of Information Systems to handle complex situations is notorious, being able to support the emergency managers on their decisions. This support is provided by Knowledge-Based Intelligent Systems, which have as a goal knowledge management, providing an effective counseling during situations of crisis.

Knowledge Management, also known as Knowledge Engineering, performs a fundamental role on the development of an Intelligent System. It is the process that leads to the acquisition, compilation and sharing of knowledge involved in a decision-making process on a specific problem domain, which makes it necessary to have not only human-based interpretations, but also computer-based interpretations. Based on this knowledge, and on the facts that occur on a specific situation, is possible to execute inference models, destined to provide counseling to the system users.

This master's dissertation, integrated on project THEMIS, is a contribute to the problem at hand, with the objective of building a Knowledge Base that stores concepts and rules associated to Emergency Management. To achieve this goal, it was created an Ontology that represents and structures knowledge, through the relations between their different elements, relying on inference processes and SPARQL queries for its validation, with the purpose of creating reliable counselling and support for decision-making in complex situations.

Keywords: Knowledge Base, Knowledge Engineering, Emergency Management, Knowledge Management, Ontology.

Índice

Epígrafe.....	iii
Dedicatória	v
Agradecimentos.....	vii
Resumo	ix
<i>Abstract</i>	xi
Índice	xiii
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas	xix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xxi
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação	1
1.2. Enquadramento	2
1.3. Objeto	3
1.4. Questão de Investigação.....	4
1.5. Âmbito.....	4
1.6. Metodologia de Investigação.....	5
1.7. Estrutura	6
2. Revisão da Literatura.....	9
2.1. Enquadramento	9
2.2. Gestão do Conhecimento	11
2.2.1. Conceitos e Definições	11
2.2.2. Processos de Gestão do Conhecimento	14
2.2.3. Engenharia do Conhecimento	16
2.1.4. Ontologias.....	21
2.1.5. Base de Conhecimento	25
2.2. Tecnologias de Suporte.....	26
2.2.1. Ontology Web Language	27
2.2.2. Protégé 5.1.0	27
2.2.3. <i>Simple Protocol and RDF Query Language</i>	28
2.3. Síntese Conclusiva.....	30
3. Metodologia <i>Design Science Research</i>	33

4.	Gestão de Emergências.....	39
4.1.	Enquadramento	39
4.2.	Caracterização da Gestão de Emergências.....	42
4.2.1.	Conceitos	42
4.2.2.	Classificação de Emergências	43
4.2.3.	Fases do Processo de Gestão de Emergências.....	44
4.2.4.	Operações de Resposta	48
4.3.	Simbologia.....	55
4.4.	Informação Relevante.....	55
4.5.	A importância da Gestão do Conhecimento na Gestão de Emergências.....	57
4.6.	As operações de apoio a catástrofes da Marinha Portuguesa como caso de estudo	59
4.6.1.	Missão da Marinha	59
4.6.2.	DISTEX.....	59
5.	Arquitetura da Base de Conhecimento.....	65
5.1.	Introdução.....	65
5.2.	Desenho e Arquitetura da Base de Conhecimento	66
5.2.1.	Aquisição e Representação de Conhecimento.....	66
5.2.2.	Arquitetura e Implementação da Base de Conhecimento	68
5.2.3.	Documentação das Classes	76
6.	Análise e Discussão de Resultados.....	91
6.1.	Avaliação e Validação da Base de Conhecimento	91
6.1.1.	Inferência	91
6.1.2.	Consultas SPARQL.....	94
6.2.	Discussão de Resultados	106
7.	Conclusão e Recomendações.....	109
	Referências Bibliográficas.....	115
	Apêndices	121
	Anexos	147

Índice de Figuras

Figura 1 – Desenvolvimento da Investigação utilizada	6
Figura 2 - Arquitetura de um Sistema Pericial, adaptado de Kendal e Creen (2007)	10
Figura 3 - Pirâmide do Conhecimento	12
Figura 4 - Modelo de conversão do conhecimento, adaptado de Takeuchi (2006)	13
Figura 5 - Ciclo de Gestão do Conhecimento, adaptado de Evans et al., (2014)	14
Figura 6 - Processo de Engenharia do Conhecimento.....	17
Figura 7 - Modelo de elementos de Representação de Conhecimento.....	20
Figura 8 - Camadas da Web Semântica (Bratt, 2006).....	22
Figura 9 - Exemplo de uma ontologia simples.....	24
Figura 10 - Grafo RDF.....	27
Figura 11 - Exemplo consulta SPARQL.....	29
Figura 12 - Metodologia Design Science Research, adaptado de Peffers et al. (2008) .	33
Figura 13 - Metodologia utilizada na dissertação de mestrado	34
Figura 14 - As operações de resposta à crise e o espectro do conflito.....	41
Figura 15 - Fases do processo de Gestão de Emergência, adaptado de FEMA.....	45
Figura 16 - Ciclo de resposta internacional das equipas USAR	47
Figura 17 - Estrutura hierárquica do INSARAG, adaptado de UNOCHA (2015a)	50
Figura 18 – Resposta das equipas USAR após desastre	52
Figura 19 - Organização da Assistência Humanitária	60
Figura 20 - Linhas de ação da Assistência Humanitária	63
Figura 21 - Metodologia para desenvolvimento da Ontologia	66
Figura 22 - Excerto do diagrama UML	67
Figura 23 - Superclasses da Ontologia.....	68
Figura 24 - Hierarquia de Classes	69
Figura 25 - Classe Action.....	70
Figura 26 - Classe AffectedArea.....	71
Figura 27 - Classe Decision	72
Figura 28 - Classe Disaster	73
Figura 29 - Classe Objective.....	74

Figura 30 - Classe Organization	74
Figura 31 - Classe Disaster	75
Figura 32 - Construção da classe MedicalDoctor	76
Figura 33 - Construção da classe TechnologicalDisaster	77
Figura 34 - Classes Disjoint	78
Figura 35 - Árvore de propriedades de objetos	78
Figura 36 - Propriedades de objetos	80
Figura 37 - Visualização das relações no OntoGraf	81
Figura 38 - Visualização das relações no Ontograf.....	81
Figura 39 - Visualização das classes e heranças no OWL VIZ	82
Figura 40 - Árvore de propriedades de dados.....	82
Figura 41 - Criação de instâncias	83
Figura 42 - Criação de instâncias	84
Figura 43 - Restrições	86
Figura 44 - Árvore de instâncias	87
Figura 45 - Classes semelhantes.....	88
Figura 46 - Exemplo de propriedades nas instâncias	88
Figura 47 - Visualização de relações no Ontograf	89
Figura 48 - Visualização de relações no OntoGraf.....	89
Figura 49 - Página inicial Protégé com informação sobre a construção da Ontologia ..	90
Figura 50 – Exemplo de inconsistência da Ontologia.....	92
Figura 51 - Processo de classificação da Ontologia.....	92
Figura 52 - Inferência: Exemplo 1.....	92
Figura 53 - Inferência: Exemplo 2.....	93
Figura 54 - Inferência: Exemplo 3.....	94
Figura 55 - Consulta SPARQL e resposta: Exemplo	95
Figura 56 - Resposta SPARQL no OntoGraf	95
Figura 57 - Consulta 2 e resposta SPARQL.....	96
Figura 58 – Consulta 3 e resposta SPARQL.....	96
Figura 59 - Consulta 4 e resposta SPARQL.....	97

Figura 60 - Consulta 5 e resposta SPARQL.....	97
Figura 61 – Consulta 6 e resposta SPARQL.....	97
Figura 62 – Consulta 7 e resposta SPARQL.....	98
Figura 63 – Consulta 8 e resposta SPARQL.....	98
Figura 64 – Consultas 9 e 10 e resposta SPARQL	98
Figura 65 – Consultas 11 e 12 e resposta SPARQL	99
Figura 66 - Consultas 13 e 14 e resposta SPARQL	99
Figura 67 – Consultas 15 e 16 e resposta SPARQL	100
Figura 68 – Consultas 17 a 19 e resposta SPARQL	100
Figura 69 – Consultas 20 a 22 e resposta SPARQL	101
Figura 70 – Consultas 23 e 24 e resposta SPARQL	101
Figura 71 – Consultas 24 a 27 e resposta SPARQL	102
Figura 72 – Consultas 28 a 33 e resposta SPARQL	102
Figura 73 – Consultas 34 a 39 e resposta SPARQL	103
Figura 74 – Consultas 40 a 46 e resposta SPARQL	104
Figura 75 – Consultas 47 a 56 e resposta SPARQL	105
Figura 76 - Exemplo de uma resposta conferida no OntoGraf	106
Figura 77 - Diagrama UML.....	123
Figura 78 - Ambiente Protégé para criação de classes.....	126
Figura 79 - Ambiente Protégé para criação de instâncias.....	127
Figura 80 - Ambiente Protégé para a criação de Object Properties	128
Figura 81 - Ambiente Protégé para a criação de Data Properties.....	128
Figura 82 - Ambiente Protégé para a criação de restrições	130
Figura 83 - Reasoner HermiT 1.3.8	131
Figura 84 - OWL VIZ	132
Figura 85 - OntoGraf.....	133

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre editores de Ontologias, adaptado de Alatrish (2013)	26
Tabela 2 - Métodos de avaliação de artefactos, adaptado de Hevner et al. (2004).....	37
Tabela 3 - Atores do DISTEX	61
Tabela 4 - Descrição das propriedades de objetos e relações	79
Tabela 5 – Descrição das propriedades de dados e relações.....	84
Tabela 6 - Relação de instâncias por classe.....	86
Tabela 7 - Propriedades de objetos e relações	135
Tabela 8 - Propriedades de dados e relações.....	141
Tabela 9 - Hierarquia completa de classes	143
Tabela 10 - Métodos manuais de aquisição de Conhecimento	149

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

ANPC	Autoridade Nacional da Proteção Civil
BHIO	Brigada Hidrográfica
C2	Comando e Controlo
CCFE	Centro de Controlo de Feridos e Evacuados
CINAV	Centro de Investigação Naval
CITAN	Centro Integrado de Treino e Avaliação Naval
COE	Centro de Operações de Emergência
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
DISTEX	Disaster Relief Training Exercise
DITIC	Direção de Tecnologias de Informação e Comunicações
DPKO	Department for Peacekeeping Operations
ETNA	Escola de Tecnologias Navais
FEMA	Federal Emergency Management Agency
FFAA	Forças Armadas
GO	Governmental Organization
INEM	Instituto Nacional de Emergência Médica
INSARAG	International Search and Rescue Advisory Group
IRI	Internationalized Resource Identifier
KE	Knowledge Engineer
LEMA	Local Emergency Management Agency
MDN	Ministério da Defesa Nacional
NBQ	Nuclear, Biológico e Químico
NGO	Non-Governmental Organization
OCS	Orgãos de Comunicação Social
ONU	Organização das Nações Unidas
OSOCC	On-Site Operations Coordination Center
OWL	Ontology Web Language
PCB	Posto de Comando a Bordo
PCT	Posto de Comando em Terra

PMA	Posto Médico Avançado
RDC	Reception And Departure Centre
RDF	Resource Description Framework
RECON	Equipa de Reconhecimento
SAR	Search and Rescue
SBV	Suporte Básico de Vida
SINGRAR	Sistema Integrado para a Gestão de Prioridades e de Afectação de Recursos
SPARQL	Simple Protocol and RDF Query Language
THEMIS	disTributed Holistic Emergency Management Intelligent System
UML	Unified Modeling Language
UNDAC	United Nations Disaster Assessment and Coordination
UNOCHA	United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs
URI	Uniform Resource Identifier
USAR	Urban Search and Rescue
W3C	World Wide Web Consortium
WP	Work Package
WS	Web Semântica

1. Introdução

1.1. Motivação

Consideram-se situações de emergência:

“Qualquer evento súbito, urgente e inesperado, que exija ação imediata”

(ISO, 2007)

O atentado terrorista a 11 de Setembro de 2001 em Nova Iorque, o *tsunami* que afetou o litoral do continente Asiático em 2004 ou o furacão Katrina que assolou os Estados Unidos da América em 2005, são exemplos de situações de emergência, cuja resposta tardou ou não foi suficientemente eficaz, tendo como consequência milhares de mortes e elevada destruição nesses países. Nestas situações, para se assegurar uma resposta coordenada e eficaz é fundamental existirem meios adequados de Gestão de Emergências (por vezes também designada por Gestão de Crises). Efetivamente, “a Gestão de Emergências é um processo complexo que requer a coordenação de um conjunto, geralmente elevado, de atores chamados a intervir para responder a situações de crise, e que se veem confrontados com desafios de natureza multidisciplinar” (Haddow e Bullock, 2008).

Atualmente, a Gestão de Emergências tem uma grande relevância na sociedade, pois a ocorrência de catástrofes naturais ou provocadas pelo Homem, bem como de conflitos armados, requerem a colaboração de entidades civis e militares na assistência às populações. Neste contexto, a caracterização do ambiente como permissivo ou não, determina a prioridade de ação das entidades envolvidas, como apoiante ou apoiado e a atribuição do papel de liderança na intervenção (Simões-Marques e Nunes, 2012).

A parceria entre as múltiplas organizações e entidades, nacionais e internacionais, governamentais e não-governamentais, concorrendo também para estas as Forças Armadas, têm por base a cooperação, de modo a que quando solicitadas e de acordo com a legislação e procedimentos em vigor, assegurem os compromissos nacionais e internacionais do Estado, de forma eficiente e eficaz. A estas entidades, são requeridos esforços na disponibilização das suas competências, abrangendo as diversas vertentes da resolução de crises, nomeadamente a vertente tecnológica de suporte ao processo de decisão (Simões-Marques e Nunes, 2012).

Deste modo, quando se torna necessário lidar com uma situação de emergência, é vital que a visão da mesma seja partilhada por todos os atores envolvidos, relativamente ao panorama situacional, viabilizando uma resposta que contemple as necessidades específicas de cada situação. Em virtude da necessidade desta resposta comum por parte dos envolvidos, acresce, nos dias de hoje, um investimento em Sistemas de Informação, em concreto, em Sistemas baseados no Conhecimento, que apoiam na tomada de decisões críticas e que coordenam os recursos (Maio *et al.*, 2011).

No que diz respeito aos sistemas previamente mencionados, verificou-se uma grande evolução tecnológica no último século, com primazia para os Sistemas Inteligentes baseados no Conhecimento, empregues no apoio à decisão em situações de crise. Estes sistemas são imprescindíveis quando os “decisores se veem pressionados a tomar decisões, num curto espaço de tempo, e são confrontados com um elevado volume de informação, de natureza vaga, complexa e incerta” (THEMIS, 2014).

1.2. Enquadramento

As operações para a resposta a emergências tanto podem decorrer num ambiente permissivo como de conflito declarado, ditando essas circunstâncias, se as Forças Armadas (FFAA) têm um papel secundário ou principal, respetivamente, no que respeita à coordenação das operações de ajuda humanitária, relativamente aos civis, de forma a responder a questões particularmente complexas, designadamente: Onde (em que local ocorreu a situação)? Quando (em que altura/tempo)? Quem (foi afetado ou está a intervir)? Porquê (da intervenção e que problemas mitigar)? Como (será efetuada a intervenção)? Que (meios a empregar)? A resposta a tais questões é difícil, pois a informação é fragmentada, diversa, apresenta variadas formas e está distribuída por indivíduos que compõem a sociedade, ou seja, a informação está dispersa e é desejável criar um produto capaz de a agregar, e contribuir de forma relevante, no processo de tomada de decisão durante a gestão de uma emergência.

De forma a colmatar esta necessidade, tendo como ponto de partida o sistema de gestão de emergência SINGRAR, que entrou ao serviço nas fragatas da Marinha Portuguesa em 2005, baseado no modelo desenvolvido por Simões-Marques (1999),

surgiu o projeto THEMIS¹, com o objetivo de elaborar um sistema inteligente de Comando e Controlo (C2) que proporcione compreensão situacional e que seja capaz de apoiar qualquer operação de resposta num contexto de crise, num curto espaço de tempo.

Para este projeto, irá contribuir esta dissertação de mestrado, que visa a construção de uma Base de Conhecimento, que armazene conceitos e regras vocacionadas para a Gestão de Emergências.

1.3. Objeto

A presente dissertação de mestrado insere-se no âmbito do projeto THEMIS, WP4 – Desenvolvimento das Bases de Conhecimento. Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema inteligente de apoio à decisão que, combinando a evolução de um conjunto de tecnologias emergentes demonstradas pelos participantes no projeto² (p. ex., sistemas periciais, redes ad-hoc, modelos de dados para troca de informação), desenvolva uma solução inovadora para a gestão de operações de resposta a crises (assistência humanitária e a desastres naturais ou tecnológicos), em contexto interagência, apoiando a cooperação civil-militar (THEMIS, 2014).

Uma das etapas da realização deste sistema, diretamente relacionada com a presente dissertação, consiste no desenvolvimento de um conjunto de atividades de Engenharia do Conhecimento, englobando a aquisição, representação do conhecimento, bem como os processos de inferência, transferência e visualização do conhecimento relativo a situações de desastre. Estas atividades visam contribuir para a construção de uma Base de Conhecimento vocacionada para a gestão de emergências, possibilitando o apoio à decisão em situações complexas, bem como o aconselhamento em contexto de múltiplos incidentes, da utilização de meios provenientes de diversas entidades, com diferentes estruturas de resposta.

Pretende-se assim, recolher, organizar, testar e validar conceitos, regras e procedimentos a utilizar numa Base de Conhecimento de um Sistema Inteligente, de

¹ *disTributed Holistic Emergency Management Intelligent System* – Projeto financiado pelo MDN e liderado pelo CINAV.

² Marinha (CINAV, Escola Naval, DITIC), Exército (CINAMIL), NOVA IMS (MaGIC), NOVA FCT (UNIDEMI) e Critical Software

modo a que este possa propor soluções ótimas ou quase-ótimas na utilização de recursos para fazer face às necessidades decorrentes de uma situação de emergência em concreto.

É pois objeto da presente dissertação:

Recolher, tratar e organizar o conhecimento relativo a situações de emergência e catástrofes, por forma a permitir caracterizar e analisar o panorama situacional, em contextos de multiagência, que habilite apoiar a tomada de decisão quanto às ações a desenvolver e aos recursos a empenhar.

1.4. Questão de Investigação

Tendo em conta a metodologia seguida na presente dissertação – *Design Science Research (DSR)* (Peppers *et al.*, 2008), tendo esta, requisitos para validação como processo científico, pressupõem como primeira etapa, identificar o problema através de uma questão de investigação.

Assim, a presente dissertação pretende responder às seguintes questão e sub-questões de investigação:

- É possível conceber e implementar uma base de conhecimento que possa ser utilizada no processo de tomada de decisão em situações de emergência e catástrofes?
 - Quais os principais conceitos, relações e regras necessários à gestão de emergência e catástrofes?
 - A base de conhecimento permite a realização de processos de inferência para apoiar a tomada de decisão em situações de emergência e catástrofes?

1.5. Âmbito

O âmbito da presente dissertação de mestrado abrange os domínios da Gestão de Conhecimento e da Gestão de Emergências, envolvendo as seguintes tarefas:

- Levantar e caracterizar os tipos de situações de emergências e dos recursos necessários à sua mitigação, em operações de ajuda humanitária;

- Desenvolver uma ontologia, envolvendo a seleção de uma linguagem e de uma ferramenta de representação;
- Construir um protótipo de uma Base de Conhecimento que sirva de infraestrutura de suporte ao sistema de apoio à decisão THEMIS;
- Validar o conhecimento constante da Base de Conhecimento para utilização no apoio à decisão em situações de emergência.

1.6. Metodologia de Investigação

Para a realização da presente dissertação procedeu-se: a recolha bibliográfica e revisão de artigos científicos, livros, teses de mestrado; à observação do exercício *Disaster Relief Training Exercise* (DISTEX) realizado pela NRP *Vasco da Gama* na Escola de Tecnologias Navais (ETNA); participação em reuniões com profissionais da Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), com profissionais do Centro Integrado de Treino e Avaliação Naval (CITAN) e da ETNA envolvidos nos exercícios de apoio a crises humanitárias, pelas Forças Armadas; sessões de *brainstorming* realizadas nas reuniões do projeto THEMIS, também foram uma fonte de recolha de informação.

Foram também realizadas atividades relacionadas com a presente dissertação e que permitiram a elaboração da mesma, nomeadamente as seguintes:

- Realização da apresentação “*Knowledge Acquisition Process for an Intelligent Emergency Management System*”, no âmbito de um Workshop do projeto THEMIS, em junho de 2016, na Escola Naval;
- Participação na elaboração do artigo “Contributos para o problema de apoio à decisão em Operações de Resposta à Crise” (Severino *et al.*, 2016), no âmbito das Jornadas do Mar 2016, na Escola Naval;
- Participação na elaboração do artigo “*Knowledge Management in the development of an Intelligent System to support Emergency Response*” (Correia *et al.*, 2018), no âmbito da *8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2017)*;
- Realização da apresentação “Processos de Aquisição de Conhecimento de um Sistema Inteligente de Gestão de Emergências”, no âmbito de um Workshop do projeto THEMIS, em julho de 2017, na Escola Naval.

Mediante o exposto, a elaboração da dissertação seguiu a metodologia *Design Science Research* (a detalhar no Capítulo 3), seguindo a escrita dos capítulos a sequência que se ilustra na Figura 1.

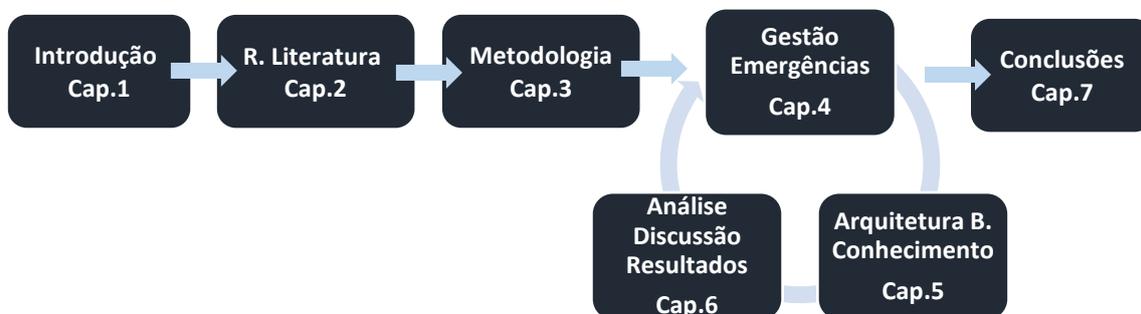


Figura 1 – Desenvolvimento da Investigação utilizada

O fluxograma representado demonstra uma relação entre os capítulos 4, 5 e 6, num processo de recolha sucessiva de conhecimento relacionado com a Gestão de Emergências, que serviu de base à construção da Base de Conhecimento e refinamento da mesma.

1.7. Estrutura

A presente dissertação de mestrado é composta por sete capítulos, cujo conteúdo se sintetiza de seguida.

Capítulo 1: Introdução. Descrição do enquadramento da dissertação, objetivos, e metodologia que apoia a construção da mesma e da construção do protótipo.

Capítulo 2: Revisão da Literatura. Identificação dos conceitos essenciais sobre a Gestão do Conhecimento e domínios associados, designadamente ontologias e tecnologias para a construção do protótipo.

Capítulo 3: Metodologia. Identificação das características da metodologia utilizada – *Design Science Research (DSR)* -, com uma explicação teórica da mesma.

Capítulo 4: Gestão de Emergências. Descrição do processo de recolha de conhecimento necessário à posterior construção do protótipo da Base de Conhecimento.

Capítulo 5: Arquitetura da Base de Conhecimento. Desenho, construção e implementação do protótipo da Base de Conhecimento, com recurso à linguagem OWL e do editor de ontologias Protégé 5.1.0.

Capítulo 6: Análise e Discussão de Resultados. Validação interna da Ontologia e análise dos resultados obtidos nos processos de inferência e consultas em linguagem SPARQL, discussão dos resultados e resposta às questões efetuadas no início da dissertação.

Capítulo 7: Conclusões. Elaboração das conclusões do estudo, seus resultados, limitações do mesmo, bem como propostas de investigação futuras.

2. Revisão da Literatura

2.1. Enquadramento

“O mundo real é complexo e dinâmico e os instrumentos utilizados para explorar o seu lado desconhecido devem ser rápidos, precisos e inteligentes.” (Serban, 2013).

Atualmente, os meios computacionais são utilizados como meio de apoio na tomada de decisão, nomeadamente através dos Sistemas Inteligentes. Estes sistemas referem-se a ferramentas computacionais utilizadas para apoiar processos de tomada de decisão ou resolução de problemas com recurso à Inteligência Artificial, particularmente relevantes quando os fatores de decisão são complexos ou a rapidez da decisão é crítica, o que dificulta a tarefa dos decisores (*e.g.*, devido à quantidade de informação disponível, incerteza e imprecisão da mesma). Estas ferramentas, cujo objetivo é replicar, na medida do possível, o processo de raciocínio dos especialistas humanos e os ajudam no processo de tomada de decisão, tendem a ser desenvolvidas continuamente, de modo a suportarem estes elementos ou no caso da falta destes, se tornarem um meio alternativo que garanta acesso à experiência necessária para lidar com os problemas específicos.

Os Sistemas Periciais ou *Expert Systems* (ES) são um tipo particular de Sistemas Inteligentes que utilizam as técnicas de Inteligência Artificial, visando atingir um nível de desempenho comparável a um especialista humano, num determinado domínio, reproduzindo o seu raciocínio e as suas decisões, através de processos complexos de Inferência que avaliam opções alternativas, apresentam conclusões e promovem aconselhamento, oferecendo explicações para o racional de tais conclusões. O projeto THEMIS tem por objetivo desenvolver um Sistema Inteligente e atuará como um Sistema Pericial, disponibilizando repositórios de conhecimento e ferramentas de análise relevantes para a resposta a diferentes tipos de desastre, proporcionando aconselhamento contextualizado, de acordo com o cenário, as características dos recursos e o perfil do utilizador (THEMIS, 2014).

Uma componente-chave de qualquer Sistema Pericial é a Base de Conhecimento, onde são armazenados os elementos de conhecimento sobre um domínio específico,

embora o processo de transferência da experiência dos seres humanos para os computadores seja complexo, pois o conhecimento pode estar desestruturado ou semiestruturado. A Base de Conhecimento será o objeto de estudo da presente dissertação de mestrado.

As outras componentes são a Memória de Trabalho, que armazena dados sobre um problema específico, o Motor de Inferência que acede a uma situação concreta e gera aconselhamento e explicações solicitadas pelo utilizador e a Interface do Utilizador, que proporciona a interação homem-máquina necessária, para através das entradas e solicitações ao sistema³ (analisados em termos de eficiência e eficácia⁴), obter as saídas (Turban *et al.*, 2007; Nunes e Simões-Marques, 2016; Correia *et al.*, 2018).

A Figura 2 representa a arquitetura genérica de um Sistema Pericial.

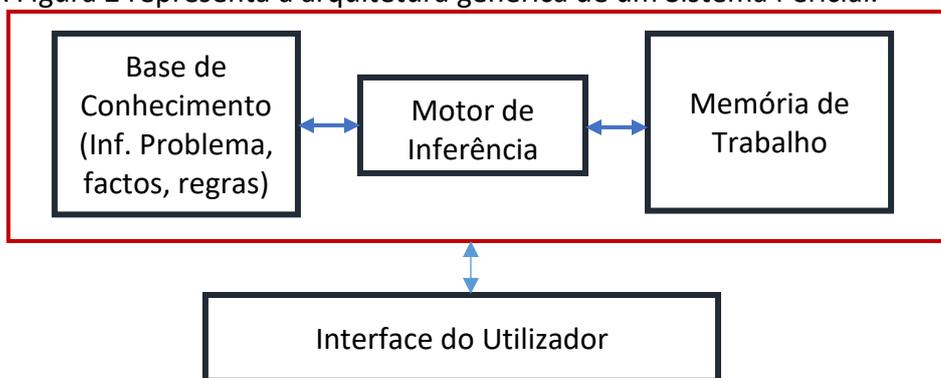


Figura 2 - Arquitetura de um Sistema Pericial, adaptado de Kendal e Creen (2007)

Para o desenvolvimento desta componente, Base de Conhecimento, é necessária a caracterização de alguns conceitos (*e.g.*, Gestão do Conhecimento, Engenharia do Conhecimento, Ontologia), no contexto de um Sistema Inteligente.

³ Sistemas estão divididos em três distintas partes, *inputs*, processo e *outputs*, envolvidas num ambiente sendo a tomada de decisão pelo humano parte do mesmo (Turban *et al.*, 2007):

Entradas são elementos que entram no sistema (p.ex.: dados para uma base de dados ou processamento).

Processo envolve todas as operações necessárias para converter *inputs* em *outputs* (p.ex.: num computador incluindo a base de dados, o processo inclui a ativação de comandos, a execução de operações e o armazenamento de informação).

Saídas são os produtos finais ou consequências do processo (p.ex.: o *web server* produz uma página *web* dinâmica, baseada em *inputs* e processos).

⁴ **Eficiência:** é a forma como se usam os *inputs* ou recursos para atingir os *outputs*.

Eficácia: é o grau com que os objetivos são atingidos, daí a preocupação com os *outputs* do sistema.

2.2. Gestão do Conhecimento

2.2.1. Conceitos e Definições

Para assegurar uma adequada compreensão sobre a temática da Gestão do Conhecimento, é necessário definir alguns conceitos *a priori*.

- **Conhecimento**

Ackoff (1999) definiu no contexto de um Sistema Inteligente, níveis de aprendizagem que formam uma hierarquia entre si, traduzida na Hierarquia DIKUW⁵:

Dados: símbolos que representam objetos, eventos e as suas propriedades, sendo estes produtos de observação (*e.g.*, valor de termómetros), não tendo usabilidade até lhes conferirem um formato, transformando-se em informação. Podem ser numéricos, alfanuméricos, figuras, sons ou imagens (Turban *et al.*, 2007).

Informação: são os dados num contexto e são respostas a perguntas que comecem com as palavras quem, o quê, onde, quando e quantos, sendo útil para decidir o que fazer e não como fazê-lo. Os sistemas de informação geram, armazenam, recuperam e processam dados, ou seja, informação é inferida a partir do relacionamento de dados (Nunes e Simões-Marques, 2016).

Conhecimento: contido nas instruções transformadas a partir da informação. É o “*know-how*”, adquirido por instruções, transmissão de outrem, ou por experiência. Turban *et al.*, consideram o conhecimento como dados e/ou informações organizadas e processadas de forma a transmitir entendimento, experiência e aprendizagem acumulada, para a tomada de decisão (Turban *et al.*, 2007).

Existem ainda outros dois níveis de aprendizagem, a **Compreensão** e **Sabedoria**, que não serão abordados nesta Dissertação.

⁵ *Data, Information, Knowledge, Understanding, Wisdom* (Ackoff, 1999), também conhecida como Pirâmide do Conhecimento.

A Figura 3 representa a Pirâmide do Conhecimento proposta por Rowley (2007), através de Ackoff:

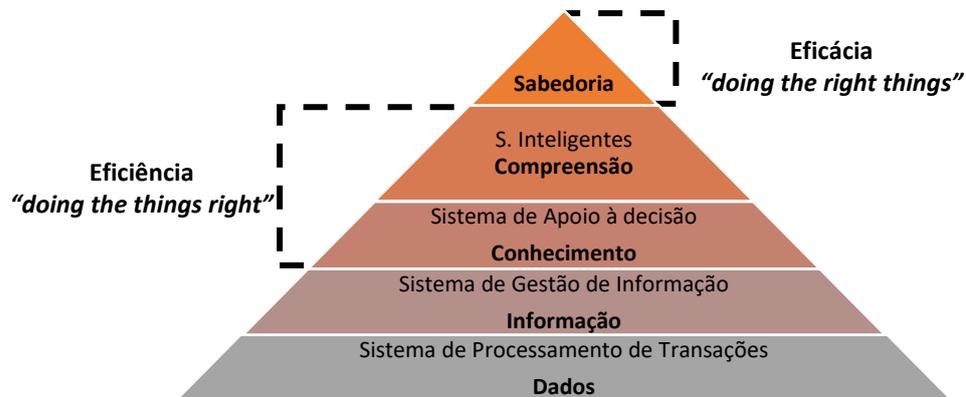


Figura 3 - Pirâmide do Conhecimento, adaptado de Rowley (2007) e Nunes e Simões-Marques (2016)

Uma definição que reflete todos estes conceitos é, a proposta pelo *European Committee for Standardization* (CEN, 2004):

“O conhecimento é a combinação de dados e informação, à qual se somam opiniões de especialistas, competências e experiência, que se traduz num valioso recurso, útil no auxílio da tomada de decisão. O conhecimento pode ser explícito e / ou tácito, individual e / ou coletivo ”.

O Conhecimento Tácito é o conhecimento implícito em ações individuais e experiências como ideais, valores ou emoções dos membros que realizam o trabalho, sendo difícil verbalizar, formalizar ou partilhar com os outros (Nonaka e Takeuchi, 1995; Nonaka e Konno, 1998).

O Conhecimento Explícito é o conhecimento codificado (documentado através de palavras e números), num formato que pode ser partilhado com os outros (*e.g.*, dados, fórmulas científicas, manuais), formalmente e sistematicamente, ou transformado em processos ou estratégias sem requerer interação interpessoal (Turban *et al.*, 2007).

Nonaka e Konno (1998), propuseram um modelo de conversão do conhecimento, denominado SECI (*socialization, externalization, combination and internalization*), que explica a criação do conhecimento como sendo um processo de interação entre o conhecimento tácito e explícito, criando novos conhecimentos, com base em quatro níveis de conversão, a Socialização, Externalização, Combinação e Internalização.

A Figura 4 representa a relação entre os termos acima descritos:



Figura 4 - Modelo de conversão do conhecimento, adaptado de Takeuchi (2006)

- **Gestão do Conhecimento**

A Gestão do Conhecimento é a gestão de atividades e processos para aprimorar o conhecimento, constituindo uma vantagem competitiva, através de uma melhor utilização e criação de recursos de conhecimento individuais e coletivos (CEN, 2004). Resume-se a obter o conhecimento certo, no lugar certo, no momento certo, aplicando-o de modo a alcançar objetivos e metas da organização, tratando-se de facilitar o processo pelo qual o conhecimento é criado, compartilhado e utilizado (Seneviratne *et al.*, 2010).

Este é um processo que ajuda as organizações a identificar, selecionar, organizar, disseminar e transferir formalmente o conhecimento e experiência que faz parte da memória não estruturada da organização (Turban *et al.*, 2007).

Quando estruturado, o conhecimento potencia a resolução de problemas de forma eficaz e eficiente, a aprendizagem dinâmica, o planeamento estratégico e a tomada de decisão.

Do ponto de vista da partilha do conhecimento, é de salientar a importância dos sistemas de Gestão do Conhecimento que fornecem tecnologias de comunicação,

armazenamento e colaboração necessárias para a agregação e disseminação de conhecimento.

Após a recolha, este é organizado e armazenado numa Base de Conhecimento, para que quando necessário, o conhecimento possa ser encontrado e extraído desse repositório, para apoiar, decisões complexas.

2.2.2. Processos de Gestão do Conhecimento

- **Iniciativas de Gestão do Conhecimento**

A maioria das iniciativas da Gestão do Conhecimento, a nível das organizações, prende-se em três objetivos: i) expor o conhecimento em mapas, texto, entre outros, ii) desenvolver uma cultura intensiva sobre determinado domínio e iii) construir uma infraestrutura do conhecimento sobre esse domínio (Davenport e Prusak, 1998).

Estas iniciativas admitem diversos conceitos no decurso da história da Gestão do Conhecimento, bem como diversas propostas de ciclo de Gestão do Conhecimento, embora todas se centrem na criação, partilha e utilização.

Os autores Evans *et al.* (2014) basearam-se no modelo de Heisig (2009), para proporem um novo modelo de ciclo de Gestão do Conhecimento, apresentado na Figura 5, contendo este as seguintes fases:

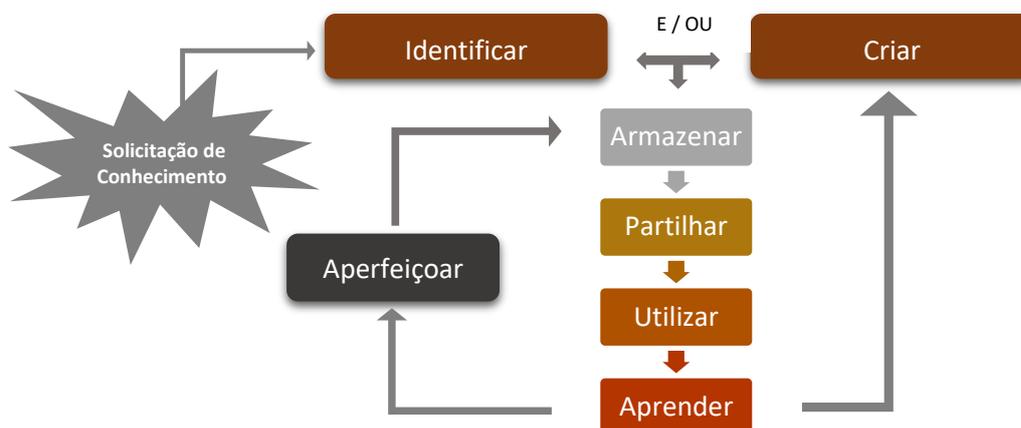


Figura 5 - Ciclo de Gestão do Conhecimento, adaptado de Evans *et al.*, (2014)

Identificação ou Criação – Uma solicitação de conhecimento pode ser desencadeada por diversas razões, incluindo resolução de problemas estratégicos e/ou operacionais, tomada de decisão, análise de lacunas de conhecimento ou inovação.

- Identificação – relaciona-se com a obtenção de conhecimento tácito (*e.g.*, em sessões de *brainstorming*), ou em documentos em formato eletrónico e impresso, armazenados num repositório de conhecimento e/ou observação de artefactos (Firestone e McElroy, 2003; Dalkir, 2011).
- Criação – se não existir ou se o que existe, não satisfaz as necessidades da organização. Esta etapa pode ser auxiliada através de entrevistas com especialistas, prototipagem e análise de informação.

Armazenamento – Depois de identificado/criado, é necessário armazenar o conhecimento, de modo a que toda a organização tenha acesso. Implica a codificação do mesmo, em portais e em prototipagem, bem como formas tácitas de conhecimento armazenadas sob a forma de mapas, modelos e taxonomias. O conhecimento armazenado na Base de Conhecimento deve ser estruturado (categorizado) de modo a poder ser manipulado, recuperado e partilhado.

Partilha – o conhecimento é recuperado das suas fontes de armazenamento de modo a ser disseminado/comunicado, interna e externamente.

Utilização – uma vez que o conhecimento é partilhado e extraído o seu valor, este é empregue onde necessário, de modo a resolver problemas e auxiliar na tomada de decisão. O conhecimento pode estar em texto ou codificado, sendo muitas vezes necessário recorrer a um perito de forma a aplicar o conhecimento correta e eficazmente. Algumas atividades relacionadas com esta etapa passam por desenvolver *workshops* e tutoriais, utilizando tecnologias como sistemas periciais.

Aprendizagem – envolve a desconstrução dos blocos de conhecimento, integrando, combinando e internalizando o conhecimento. Se o conhecimento for valioso, refina o modelo, sendo codificado e armazenado de outras formas, se for insuficiente ou incompleto, retorna à fase de identificação/criação. São então testadas as regras já existentes e novo conhecimento é criado, desencadeando novo ciclo.

Aperfeiçoamento – é o ponto de decisão para que o conhecimento seja arquivado, reformulado ou transferido para fora da organização, de modo a que posteriormente seja utilizado. Algumas das atividades mais comuns que ajudam na fase de aprimoramento incluem avaliações e adaptação das lições aprendidas.

2.2.3. Engenharia do Conhecimento

Em 2.2.2., as fases do ciclo de Gestão do Conhecimento foram descritas do ponto de vista conceptual, todavia, a presente dissertação de mestrado centra-se no desenvolvimento de um protótipo de Base de Conhecimento, a utilizar num Sistema Inteligente de apoio à decisão para a Gestão de Emergências, recorrendo a um processo estruturado que é designado Engenharia do Conhecimento⁶. Para o desenvolvimento deste processo, intervêm especialistas e o *Knowledge Engineer* (KE).

A Engenharia do Conhecimento visa assim a transferência de conhecimentos de especialistas humanos para computadores e de volta para os humanos (Correia *et al.*, 2018), envolvendo atividades como aquisição, representação, validação, inferência, explicação e manutenção do conhecimento, descrevendo todo o processo de desenvolvimento e manutenção de Sistemas Inteligentes.

Um dos principais objetivos da Engenharia do Conhecimento é ajudar os especialistas a articular o que sabem e a explicitarem o seu conhecimento, tornando-o reutilizável, pois este conhecimento muitas vezes é tácito ou está desestruturado ou insuficientemente explícito. Constitui um importante fator para a Engenharia do Conhecimento, considerar que algo pode ser expresso como regras e que seja útil para a decisão (*e.g.*, SE está frio lá fora ENTÃO veste um casaco quente).

⁶ A principal diferença entre Gestão do Conhecimento e Engenharia do Conhecimento é que a primeira estabelece as orientações sobre como o processo deve ser realizado, enquanto a segunda desenvolve o sistema seguindo tais orientações (Kendal e Creen, 2007).

A Figura 6 ilustra as atividades do processo de Engenharia do Conhecimento segundo Turban *et al.* (2007).

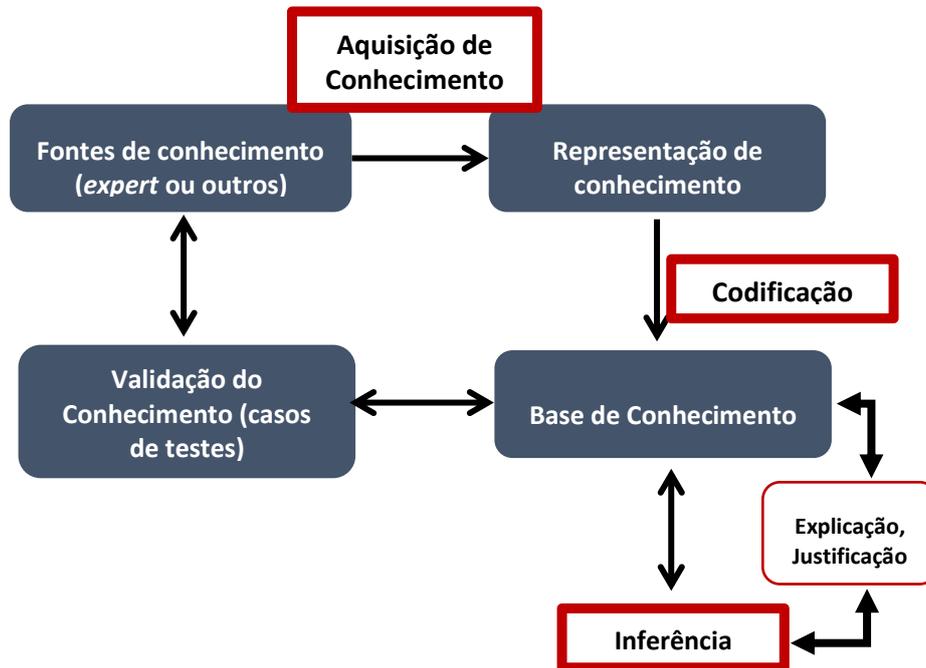


Figura 6 - Processo de Engenharia do Conhecimento, adaptado de Turban *et al.* (2007)

Aquisição de conhecimento: envolve a recolha de conhecimento de especialistas humanos, livros, documentos, sensores ou arquivos de computador. O conhecimento pode ser específico para o domínio do problema ou para os procedimentos de resolução dos mesmos. Esta é a atividade relacionada com a externalização e combinação do conhecimento, pois nesta etapa, é necessário desenvolver um conhecimento explícito que eventualmente seja tácito ou combinar conhecimentos que são perfeitamente explícitos (Correia *et al.*, 2018);

Representação do conhecimento: O conhecimento adquirido é organizado, mapeado e codificado na Base de Conhecimento, através de relações entre os conceitos, sendo representado de diversas formas (*e.g.*, lógicas, ontologias, inteligência artificial e meta heurísticas);

Validação do conhecimento: O conhecimento é validado/verificado (*e.g.*, usando casos de teste) até que sua qualidade seja aceitável. Os resultados dos casos de teste são geralmente mostrados ao perito para verificar a exatidão do sistema especializado;

Inferência: capacidade de raciocínio que pode construir conhecimento de nível superior a partir de heurísticas existentes. Esse raciocínio consiste na inferência de factos e regras usando heurísticas ou outras abordagens de busca, ou seja, permite que os sistemas baseados no conhecimento possam aconselhar o utilizador.

Explicação e justificação: atividade de entrega do conhecimento aos utilizadores, nomeadamente para os que não são especializados, através de formatos adequados de apresentação e visualização de conhecimento, devendo ter a capacidade de responder a perguntas (*e.g.*, como certa conclusão foi inferida pelo computador).

- **Aquisição de Conhecimento**

Aquisição de Conhecimento, como referido anteriormente, é o processo de extrair, estruturar e organizar o conhecimento adquirido de uma ou mais fontes (*e.g.*, livros, documentos, filmes, bases de dados, imagens, mapas, diagramas, histórias, sensores, observação, artigos, doutrina). A multiplicidade de fontes e tipos de conhecimento afetam a complexidade da aquisição de conhecimento.

O termo eliciação é utilizado quando as fontes são não-documentadas, sejam entrevistas e questionários realizados a especialistas, bem como análise de protocolos. A Aquisição de Conhecimento de fontes documentadas, como documentação técnica, pode ser realizada manualmente, por métodos semiautomáticos ou automáticos. Todo este conhecimento referido acima anteriormente tem como finalidade a integração na Base de Conhecimento a ser construída, de forma a relacionar os diversos conceitos inerentes ao domínio do problema (Turban *et al.*, 2007) que, no caso em estudo, é o da Gestão de Emergências. Este conhecimento é então codificado e representado de diversas formas, posteriormente descritas. Na construção de alguns sistemas é necessário por vezes um KE, de forma a auxiliar um especialista na construção da Base de Conhecimento. Normalmente, o KE ajuda o especialista a estruturar a área do problema, interpretando e integrando as respostas humanas às perguntas, desenhando analogias e trazendo dificuldades concetuais à luz.

Os métodos de aquisição de conhecimento traduzem-se em métodos manuais, semiautomáticos e automáticos.

Os métodos manuais são caracterizados por entrevistas, seguimento e análise de protocolos e observações, cujo KE obtém conhecimento proveniente de peritos ou outras fontes, codificando-o na Base de Conhecimento, no entanto devido ao elevado custo dos mesmos, lentidão no processo e imprecisões cometidas pelo Homem, há uma certa tendência para a automatização do processo.

Os métodos semiautomáticos estão divididos em duas categorias, caracterizadas pela necessidade ou não de suporte por parte de KE ou especialistas. A primeira categoria suporta peritos, permitindo construir Bases de Conhecimento com pouco ou nenhum suporte por parte do KE. Na segunda categoria estão as destinadas a prestar auxílio ao KE, o que permitirá executar as tarefas necessárias de forma eficiente e eficaz (com a participação mínima de um perito), através de ferramentas computacionais. Um exemplo desta técnica é a *repertory grid analysis*⁷.

Os métodos automáticos caracterizam-se pela participação mínima ou mesmo eliminação dos papéis de peritos e do KE, pois são utilizados *softwares* para descobrir automaticamente conhecimento a partir de dados existentes. Por exemplo, o método de indução que gera regras a partir de um conjunto de casos conhecidos podendo ser aplicadas para construir uma Base de Conhecimento. As vantagens deste método é o reduzido custo e o reduzido nível de qualificação exigido ao KE.

Na presente dissertação de mestrado, vão apenas ser utilizados alguns métodos manuais. Alguns exemplos de métodos de aquisição de conhecimento estão descritos na tabela 10, do anexo A.

Todos estes métodos podem ser aplicados iterativamente, à medida que o sistema pericial evolui.

O conhecimento adquirido através de especialistas ou induzido a partir de um conjunto de dados, deve estar num formato compreensível por humanos e executável em computadores.

⁷ Baseado no modelo de Kelly, consiste numa teoria cujos peritos preveem e controlam eventos, formando teorias, testando as hipóteses e analisando o resultado das experiências. O conhecimento é adquirido em entrevistas e são selecionados os atributos, que são organizados bipolarmente. Estes serão questionados (estas questões estão associadas a uma escala numérica). As respostas são guardadas numa matriz para posterior refinamento (Turban *et al.*, 2007).

A Gestão do Conhecimento tem uma relação natural com métodos e *softwares* de Inteligência Artificial (IA), baseando-se a relação entre estes dois conceitos na identificação e classificação por parte de especialistas, através da análise de mensagens e documentos, sendo as tecnologias IA mais utilizadas no contexto da Engenharia do Conhecimento, os agentes inteligentes, sistemas inteligentes, redes neurais e lógica difusa (*fuzzy logics*).

- **Representação do Conhecimento**

A Representação do Conhecimento é uma etapa, como referido anteriormente, que tem como objetivo organizar e codificar o conhecimento em mapas, por meio de processos de raciocínio interno do Sistema Inteligente e pela interação dos utilizadores com o sistema. As atividades de codificação e mapeamento suportam a fase de Inferência.

Esta etapa lida com os conceitos abstratos e as suas relações, que constituirão o conteúdo da Base de Conhecimento, existindo diversos formatos para a representação do mesmo (*e.g.*, lógica, ontologias, inteligência artificial, meta heurísticas, UML), (Correia *et al.*, 2018).

A dissertação terá como objeto de estudo a Ontologia que suportará a Base de Conhecimento. A Figura 7 representa um modelo dos elementos que constituem a Representação de conhecimento.

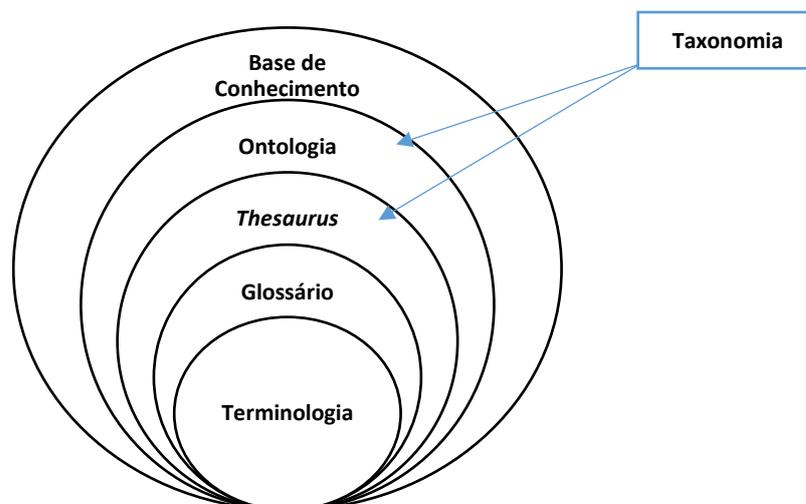


Figura 7 - Modelo de elementos de Representação de Conhecimento, adaptado de Sarraipa (2013)

A terminologia é o estudo de termos e a sua utilização. O glossário é uma lista - tipicamente por ordem alfabética - de termos específicos para um domínio específico, onde cada termo tem uma descrição correspondente. Um *thesaurus* é uma estrutura que gere a complexidade da terminologia e relaciona os conceitos, através de uma classificação (hierarquia). Uma taxonomia hierárquica é uma estrutura em árvore de classificações para um determinado conjunto de objetos (recorrendo-se ao *Unified Modeling Language* - UML, por exemplo). Os outros dois elementos serão explicados nas secções seguintes.

2.2.4. Ontologias

Para o propósito do estudo da noção de Ontologia, constitui fator fundamental, a compreensão da estrutura conceptual onde está inserida: a Web Semântica.

- **Web Semântica**

A Internet comum é a “Web de documentos”, constituída por um elevado número de documentos apresentados como páginas Web, que podem ser pesquisadas e lidas por pessoas e computadores, embora apenas possam ser compreendidas pelas pessoas. No entanto, existem esforços para criar e desenvolver uma “Web de dados”, a chamada Web Semântica (WS), que permita o processamento por parte de pessoas e máquinas, de modo a que a resolução de problemas até agora complexa e demorada, seja otimizada.

De acordo com Tim Berners-Lee (Berners-Lee *et al.*, 2001), a Web Semântica, como extensão da Web atual, visa a atribuição de um significado bem definido à informação, ou seja, num formato estruturado que utilize padrões universalmente conhecidos e aceites, permitindo uma melhor cooperação entre sistemas computacionais e as pessoas.

Como tal, é necessária a criação de armazenamento de dados, criação de regras para o tratamento destes e criação de vocabulário que possa ser compreendido pelos computadores e que tenha um significado semântico bem definido, para que os sistemas sejam capazes de ler, perceber e inferir novo conhecimento. O Consórcio *World Wide Web* (W3C) lidera esta iniciativa e lida com esta tarefa promovendo tecnologias como o *Resource Description Framework* (RDF) e a *Ontology Web Language* (OWL), entre outras, de modo a que possa ser criada uma Internet compreensível por

máquinas. Um dos métodos que a W3C encontrou para que isso possa ser possível, passa pela construção de Ontologias que explicitem relações entre os conceitos que as máquinas compreendam. A WS está estruturada de forma hierárquica por camadas, com as camadas de nível superior a utilizar componentes dos níveis inferiores.

A Figura 8 ilustra a estrutura por camadas da Web Semântica.

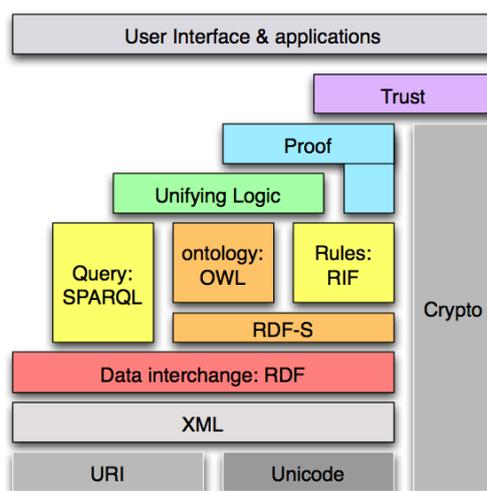


Figura 8 - Camadas da Web Semântica (Bratt, 2006)

Verifica-se que a Lógica assenta no pilar do vocabulário das Ontologias, que se baseia na linguagem RDF. Um humano, sem conhecimentos de Ciências da Computação, pode compreender as camadas superiores (confiança, prova e lógica), no entanto, uma máquina não consegue decifrar essas camadas, embora consiga ler e decifrar o significado das camadas inferiores (URI, XML e RDF), para construir as camadas superiores.

- **Ontologias**

“Uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma concetualização partilhada⁸” (Gruber, 1993).

⁸ **Formal:** refere-se ao facto de que uma ontologia deve ser compreensível por máquina, isto é, uma máquina deve ser capaz de interpretar a semântica (significado) da informação fornecida;

Explícita: significa que o tipo de conceitos usados e as restrições devem ser explicitamente definidas.

Conceptualização: refere-se a um modelo abstrato de um fenómeno do domínio, que identifica os conceitos relevantes do mesmo;

Partilhada: indica que o conhecimento destilado na ontologia apoia o consenso, não é específico de um número restrito de indivíduos, mas é aceite por um grupo alargado de pessoas (Gruber, 1993).

As Ontologias foram desenvolvidas na área da Inteligência Artificial, sendo também utilizadas na área da Informática e Engenharia do Conhecimento e em aplicações que envolvem Gestão do Conhecimento, de modo a facilitar a reutilização e partilha do conhecimento, através da descrição explícita e formal de conceitos num determinado domínio. Correspondem, no contexto das Ciências da Computação, a uma técnica informática que regista conceitos e as suas relações, tendo como objetivo, através da lógica e de linguagens formais de representação, representar o conhecimento em suporte computacional.

As ontologias utilizam o método de classificação hierárquica para organizar o conhecimento do domínio e fazer inferências através dessa estrutura hierárquica (Jong *et al.*, 2013).

Por conseguinte, desenvolver uma Ontologia pressupõe definir classes e subclasses (também designadas por conceitos), definir propriedades das mesmas, descrevendo características e atributos, bem como as suas restrições e criar diversas instâncias (também designadas por indivíduos), que conferem valor às propriedades (Noy e McGuinness, 2001). Formalmente é possível definir as Ontologias como um relacionamento de quatro elementos, representado por $O = \{C, R, I, A\}$. Segundo Kiryakov (2006):

- C: É o conjunto das classes, que representam um domínio;
- R: Conjunto de relações e associações entre conceitos;
- I: Conjunto das instâncias derivadas das classes;
- A: Conjunto de axiomas do domínio, que modelam restrições e regras inerentes às instâncias.

Segundo Guarino (1998), existem diversos tipos de ontologias:

Genéricas (*top-level ontology*): As ontologias genéricas descrevem conceitos muito gerais como espaço, tempo, assunto, objeto, evento, ação, etc., que são independentes de um problema ou domínio específico;

De domínio e de tarefas (*domain and task ontologies*): descrevem, respetivamente, o vocabulário relacionado com um domínio genérico (como medicina ou indústria

automóvel) ou a uma tarefa ou atividade genérica (como diagnosticar ou vender), especializando os termos introduzidos na ontologia genérica;

De aplicação (*application ontology*): têm como objetivo solucionar um problema específico de um domínio, referenciando termos de uma ontologia de domínio.

A Figura 9 demonstra o princípio básico de uma ontologia:



Figura 9 - Exemplo de uma ontologia simples

Uma Ontologia com o seu conjunto de instâncias, classes e relações, classificadas num processo de inferência, permite a representação de uma Base de Conhecimento (Sahri *et al.*, 2016).

Segundo Russell e Norvig (1995), para o desenvolvimento da Ontologia como representação da Base de Conhecimento, são necessários os seguintes passos:

- Definir o domínio de estudo: compreender o domínio e decidir quais os objetos e factos que devem ser estudados, bem como o que pode ser ignorado;
- Definir vocabulário e constantes: definir o vocabulário a utilizar, que dará forma à ontologia a ser construída;
- Codificar conhecimento geral sobre o domínio: a ontologia é uma lista informal dos conceitos num domínio, sendo necessário escrever frases lógicas ou axiomas sobre os termos da ontologia para que sejam precisos e utilizados por humanos e que seja possível executar processos de inferência, de modo a derivar automaticamente as respostas da Base de Conhecimento;
- Codificar descrição de instâncias do problema específico: passo que envolve a escrita de frases curtas e simples sobre as instâncias e conceitos existentes;
- Colocar questões ao processo de inferência e obter respostas: permite que o processo de inferência funcione nos axiomas e factos específicos do problema derivando o conhecimento que o utilizador necessita saber.

As ontologias podem ainda ser divididas em dois grandes grupos: “ontologias leves” (*lightweight ontologies*) e “ontologias pesadas” (*heavyweight ontologies*). As ontologias leves incluem conceitos, relações e instâncias (representadas, por exemplo, através do UML). Já as ontologias pesadas contemplam todos os aspetos de uma ontologia leve acrescentando-lhe axiomas e restrições (Corcho e Gomez-Perez, 2003) (*e.g.*, OWL).

Existem diversas linguagens para representar Ontologias (*e.g.*, OWL, XML, RDF, DAMN + OIL, entre outras), bem como diversos editores de ontologias (Apollo, OntoStudio, Protégé, Swoop). No âmbito desta dissertação, a linguagem selecionada para a construção das ontologias foi a *Ontology Web Language (OWL)*, apoiada pelo editor de ontologias Protégé 5.1.0, recorrendo-se também a diagramas UML para estruturação de conceitos e relações, na ferramenta Enterprise Architect.

2.2.5. Base de Conhecimento

A componente Base de Conhecimento é definida como um sistema que realiza uma tarefa aplicando regras. Tem como vantagem: fornecer conhecimento permanente, sendo utilizada como sistema de apoio à decisão, fornecendo explicações e recomendações para um problema.

A Base de Conhecimento contém os conhecimentos relevantes necessários para a compreensão, formulação e resolução de problemas. Inclui dois elementos básicos: (1) teorias e factos do domínio do problema, e (2) heurísticas especiais ou regras que orientam o uso do conhecimento para resolver problemas específicos num determinado domínio, (além disso, o mecanismo de inferência pode incluir problemas de finalidade geral e regras de tomada de decisão). As heurísticas expressam modelos de raciocínio aplicado, numa área de conhecimento.

Numa Base de Conhecimento podem pois ser representados: factos incertos, processos, restrições, factos sobre o domínio, conhecimento geral, definição de vocabulário, objetos e relações, heurísticas e regras de decisão, procedimento para a resolução de problemas, hipóteses (teorias), conhecimento sobre conhecimento (meta-conhecimento) e outras situações típicas (Turban *et al.*, 2007).

2.3. Tecnologias de Suporte

Como referido anteriormente, existem diversas linguagens para representar Ontologias, nomeadamente XML, RDF, DAML + OIL e OWL. De referir que a OWL é a combinação das linguagens RDF / RDF (S) e DAML + OIL, mais concretamente, é uma revisão da DAML + OIL e uma extensão da RDF, sendo uma linguagem padrão para a representação do conhecimento na Web e permite operações lógicas (*e.g.*, *and*, *or* e *not*, que outras linguagens não permitem). A linguagem, mais recente, OWL, é atualmente utilizada na construção de Ontologias devido ao facto de possuir grande facilidade de expressão de significados (semântica) e representação do conhecimento de forma interpretável por máquinas. Foi por essa razão selecionada para ser utilizada nesta dissertação.

Para a construção da Ontologia, foi efetuado um estudo entre os diversos editores de Ontologias, que resultou na seleção do Protégé como ferramenta de desenvolvimento da mesma. As razões foram as de ser livre e de código aberto, permitir processos de inferência que dão origem a novo conhecimento e ainda possuir capacidades de integração de *plug-ins*. Na tabela 1 está descrita a comparação entre diversos editores de Ontologias: Apollo, Hozo, OntoStudio, Protégé e Top Braid.

Tabela 1 - Comparação entre editores de Ontologias, adaptado de Alatrish (2013)

	Apollo	Swoop	OntoStudio	Protégé	TopBraid
Licença	Edição Livre	Software Proprietário	Software Proprietário	Edição Livre	Software Proprietário
Extensão	Plug-ins	Plug-ins	Plug-ins	Plug-ins	Plug-ins
Importação	Apollo,	XML, RDF,	XML, RDF, OWL,	XML, OWL,	RDF, OWL,
Exportação	Meta-language, OCML, CLOS	OWL	Diagrama UML	RDF, HTML, Java	RDF, XHTML, Excel, UML
Inferência	Não	Pellet	OntoBroker	Plug-ins	Pellet
Taxonomia	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Gráfica					
Trabalho Colaborativo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Permite Zoom	Não	Não	Sim	Sim	Não

2.3.1. Ontology Web Language

Ontology Web Language (OWL) é uma linguagem para a Web Semântica, desenvolvida pelo Consórcio da *World Wide Web* (W3C), em 2004, que começou por ser uma linguagem desenhada para representar informação de objetos em categorias e a forma como esses objetos estão relacionados entre si (Baader *et al.*, 2003). Existe atualmente uma versão OWL 2.

Esta linguagem é baseada em lógica computacional, de modo a que o conhecimento expresso em OWL possa ser explorado por programas que verifiquem a consistência desse conhecimento ou tornem explícito o conhecimento implícito. Os documentos OWL, denominados Ontologias, podem ser publicados na *World Wide Web* e podem referir-se ou ser referidos a outras ontologias OWL. Esta linguagem faz parte das tecnologias da Web Semântica do W3C, que inclui RDF, RDFS, SPARQL, entre outras. Como referido, a OWL é utilizada para representar explicitamente o significado do vocabulário e as relações entre os conceitos, através dos triplos RDF, constituídas por sujeito, predicado (ou propriedade) e objeto, em que cada conjunto é denominado grafo RDF, como ilustra a Figura 10.

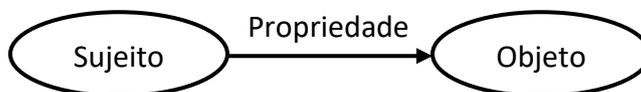


Figura 10 - Grafo RDF

A OWL⁹ baseia-se num modelo lógico descritivo que possibilita a definição e descrição de conceitos, permitindo a criação de conceitos complexos. Este modelo lógico permite a utilização de um *reasoner* que verifica se todas as declarações e definições são ou não consistentes, ajudando a manter a hierarquia consistente.

2.3.2. Protégé 5.1.0

O editor de Ontologias Protégé 5.1.0, desenvolvido pela *Stanford Center for Biomedical Informatics* (John *et al.*, 2003), foi o *software* escolhido para a representação do conhecimento e consequente estrutura do protótipo da Base de Conhecimento. Trata-se de uma ferramenta livre, de código aberto, para criar Ontologias de raiz ou

⁹ A linguagem OWL utilizada nesta dissertação será a OWL 2 –SROIQ (D) Description Logic, que permite inserir maior complexidade que a OWL - Lite, mas que permite o processamento de conhecimento (*reasoning*), ao contrário da OWL Full, que por permitir mais expressividade, não garante este processo.

editar Ontologias criadas por outras aplicações. Suporta a linguagem OWL 2, uma extensão da linguagem RDF. Este editor permite guardar as ontologias em diversos formatos como OWL, RDF, Turtle, entre outras, possuindo também suporte de *plug-ins* para a visualização de ontologias como gráficos.

Adicionalmente, o Protégé 5.1.0 contém o *reasoner* Hermit 1.3.8., que foi desenvolvido para a escrita de ontologias em OWL e tende a ser, atualmente, o mais rápido *reasoner*¹⁰ disponível (Hokstad, 2015).

A arquitetura do Protégé está separada em duas componentes: o ambiente de programação (Protégé API – *Application Programming Interface*) e o ambiente de visualização (Protégé GUI – *Graphical User Interface*). Na primeira componente situa-se o mecanismo de criação e edição de ontologias (i.e., classes, propriedades, características dessas propriedades e instâncias) e Bases de Conhecimento. A segunda componente tem como função servir de interface com o utilizador, de modo a que este consiga visualizar e manipular as ontologias.

Esta ferramenta permite ainda validar internamente a Ontologia através de consultas SPARQL. Uma descrição mais detalhada das funcionalidades do editor é apresentada no apêndice B.

2.3.3. Simple Protocol and RDF Query Language

Query (consulta), no contexto da Web Semântica, significa tecnologias e protocolos que permitem recuperar, através de uma linguagem de interrogação, informações da Web de Dados.

A linguagem para consulta da Web de Dados é a *Simple Protocol and RDF Query Language* (SPARQL), baseada em grafos RDF.

As consultas SPARQL permitem extrair informações complexas (referência dos recursos e suas relações), retornando os resultados no formato de tabela¹¹. O SPARQL elabora uma pesquisa por triplos RDF, baseando-se num triplo padrão, compara-os e

¹⁰ Um *reasoner* é um motor de inferência que verifica erros nas ontologias ou relações adicionais que não estão especificadas. Este motor de inferência tentará gerar declarações e relações entre elas e se houver inconsistências em classes ou relações, mostrará o motivo (Hokstad, 2015), ou seja, permite inferir consequências lógicas sobre factos já existentes. Na presente dissertação *reasoner* é considerado como sinónimo de motor de inferência.

¹¹ Fonte: <https://www.w3.org/standards/semanticweb/query>, (obtido em junho de 2017).

devolve a informação associada a cada um dos triplos, sendo possível definir a informação pretendida, utilizando as variáveis de consulta (e.g., SELECT, ASK, DESCRIBE, entre outras).

Uma consulta com a linguagem SPARQL é constituída pelos seguintes elementos:

- ⇒ **Declaração dos prefixos:** para se poder abreviar os URI¹²'s;
- ⇒ **Cláusula:** onde se identifica que informação se pretende que seja devolvida na consulta;
- ⇒ **Padrão:** é a partir deste padrão que a consulta vai encontrar a informação desejada;
- ⇒ **Modificadores da consulta:** formas de organizar o resultado (e.g., ordenar).

Apresenta-se seguidamente, na Figura 11, um exemplo de uma consulta SPARQL, cujos elementos acima referidos, estão inseridos:

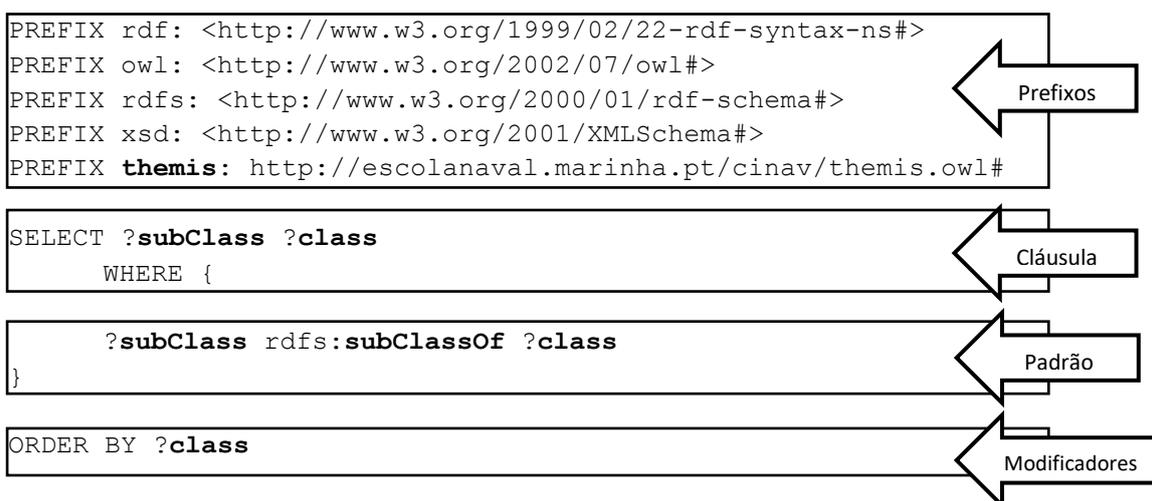


Figura 11 - Exemplo consulta SPARQL

Em primeiro lugar definiram-se os prefixos¹³, em segundo lugar foi definido que a informação pretendida é subclass e class, dos triplos que correspondem às variáveis *?subClass* e *?class*, que correspondem ao triplo padrão identificado pela cláusula

¹² URI: O *Uniform Resource Identifier* (URI) é uma sequência compacta de caracteres que identificam um recurso físico ou abstrato (Berners-Lee *et al.*, 2005). Os URI's permitem a identificação inequívoca de diferentes recursos como documentos, imagens, páginas Web, entre outros, na Internet, através do espaço de nomes. A OWL 2, extensão da OWL 1, utiliza IRI (*Internationalized Resource Identifiers*), ao invés de URI, que no fundo se trata de um conceito semelhante, permite identificar a Ontologia e os seus elementos, na Web, sem ser necessária a introdução do caminho da Internet, sempre que se refira um conceito.

¹³ Bibliotecas de vocabulários *rdf*, *rdfs*, *owl* e *xsd*.

WHERE. Por último, o resultado obtido será ordenado pela informação correspondente à variável *?class*.¹⁴

2.4. Síntese Conclusiva

Neste capítulo, foram apresentados os conceitos básicos sobre Conhecimento, Gestão do Conhecimento, Engenharia do Conhecimento, Ontologia e tecnologias de suporte que irão enquadrar a restante dissertação e construção da Ontologia. Segue-se uma síntese dos pontos abordados, mais relevantes.

O conhecimento, como terceiro nível da Pirâmide do Conhecimento, na sua forma tácita, é passível de conversão, visando a sua estruturação e entendimento comum por parte da comunidade alvo, resultando em conhecimento explícito que é documentado e armazenado em Bases de Conhecimento, componente chave de um Sistema Inteligente. Este processo, à luz da Gestão do Conhecimento, permite identificar/criar, partilhar e utilizar formalmente, o conhecimento implícito na memória da organização, embora, no contexto de um Sistema Inteligente, que tem por objetivo o auxílio na tomada de decisão em situações críticas, seja materializado através de um processo de Engenharia do Conhecimento.

Como já foi referido, a Engenharia do Conhecimento constitui assim, um método estruturado de transferência e entendimento de conhecimento Homem-Máquina, contemplando as técnicas de aquisição, representação, inferência, validação e explicação. A primeira técnica resulta de processos manuais, semiautomáticos e automáticos, embora nesta dissertação apenas seja utilizado o método manual. Relativamente à representação do conhecimento, existem diversos formatos possíveis, tendo sido escolhidos os formatos de UML e de Ontologias para esta dissertação. O UML, que permite a representação de uma Ontologia leve, tem como finalidade, numa primeira abordagem, a estruturação dos termos recolhidos. Posteriormente, esses termos serão introduzidos na ferramenta selecionada. Com recurso a processos de inferência pretende-se avaliar a consistência da Ontologia e gerar relações, não definidas *a priori*, formando assim uma Ontologia pesada, OWL.

¹⁴ Fonte: <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>, (obtido em julho de 2017).

A Ontologia, como um dos pilares da Web Semântica, é reconhecida como uma linguagem formal de representação, contribuindo para os padrões que permitem a cooperação entre as pessoas e os sistemas computacionais, nomeadamente um vocabulário comum a todos. Uma Ontologia com as suas classes e instâncias forma uma Base de Conhecimento.

Este formato de representação, pode ser elaborado com recurso a diversas linguagens, sendo escolhida para esta dissertação, a OWL, extensão da RDF, recomendada pelo W3C, integrada no editor de Ontologias Protégé 5.1.0. Esta ferramenta, disponibiliza uma interface intuitiva, que permite o desenho da hierarquia de classes, descrição de propriedades, construção de restrições, definição de comentários e ainda o processo de inferência através do *reasoner* Hermit 1.3.8., capaz de promover novas relações úteis aos utilizadores. O Protégé contempla ainda interface para a linguagem de consulta SPARQL, que possibilita consultas aos grafos RDF criados, de modo a produzir a informação pretendida.

Em suma, atualmente, a necessidade de utilizar o conhecimento que seja legível por máquina, constitui uma forte aposta no que diz respeito a sistemas de apoio à decisão, nomeadamente, Sistemas baseados no Conhecimento.

3. Metodologia *Design Science Research*

Há décadas empregue em Ciências da Computação, aplicadas a *software* de engenharia e sistemas de informação (SI), a metodologia *Design Science Research* (DSR), disponibiliza um conjunto de técnicas e perspectivas de pesquisa, bem como princípios, práticas e procedimentos, destinadas a assegurar o cumprimento dos requisitos estabelecidos para o desenvolvimento de um projeto (Peppers *et al.*, 2008). Esta metodologia é aplicável na resolução de problemas da vida real, através de tecnologias, sendo adequada à investigação de problemas relevantes de natureza prática, ao invés de se focar na verificação de leis naturais ou teorias comportamentais (Hevner *et al.*, 2004).

Vaishnavi e Kuechler (2015) descrevem o DSR como um processo de geração de conhecimento, como meio de construir e testar artefactos, de modo a encontrar soluções anteriormente referidas.

Peppers *et al.* (2008) referem que a aplicação desta metodologia compreende seis passos, que se encontram representados na Figura 12, que também indica os respetivos objetivos.

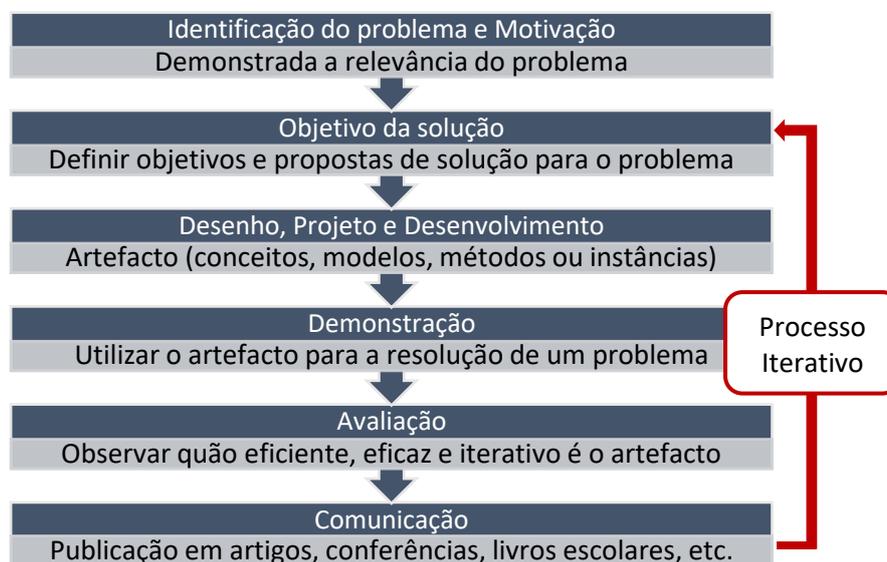


Figura 12 - Metodologia *Design Science Research*, adaptado de Peppers *et al.* (2008)

A Figura 13 apresenta a aplicação da metodologia DSR ao trabalho a que respeita a presente dissertação de mestrado e à sua elaboração, bem como os resultados de cada capítulo.

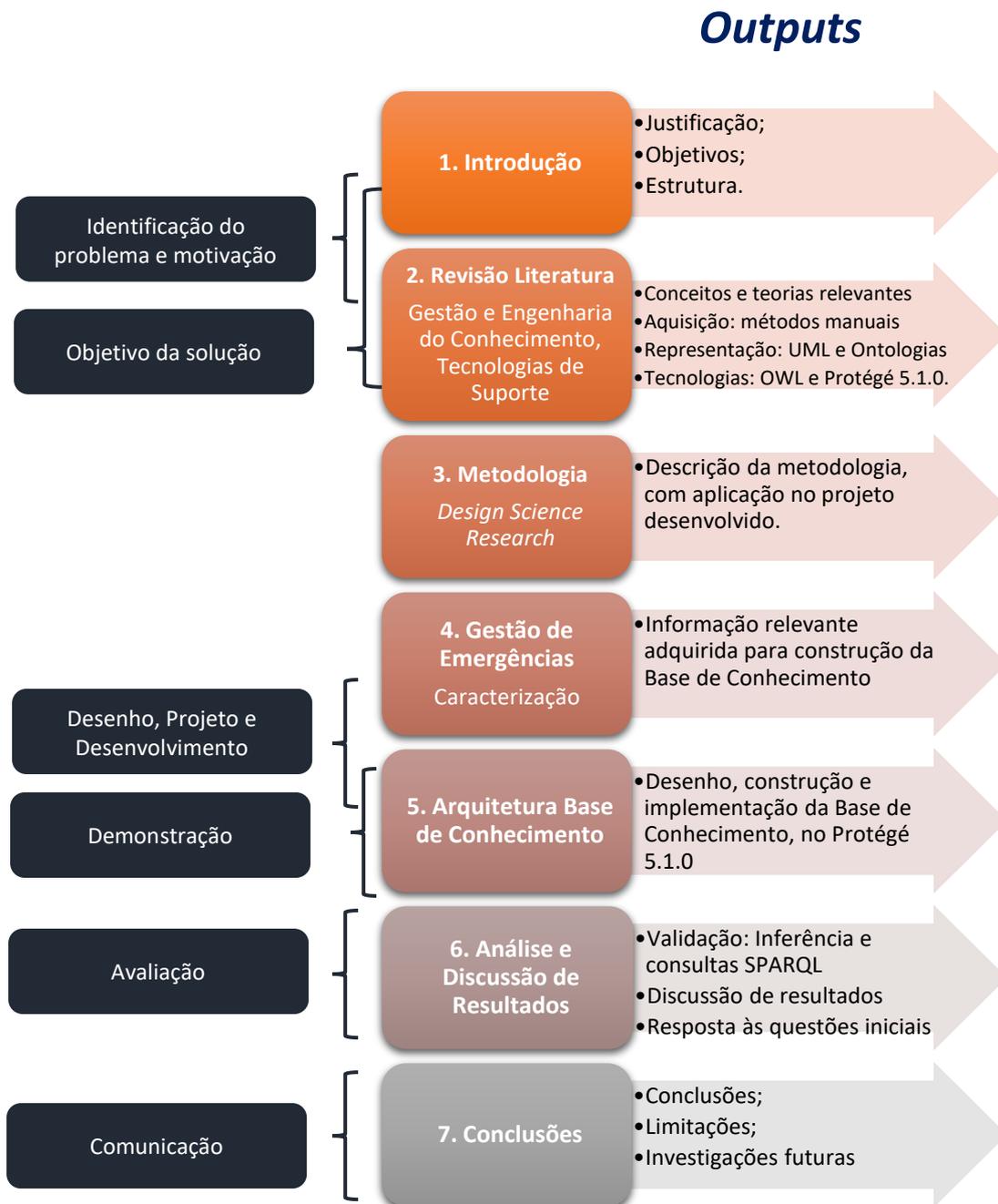


Figura 13 - Metodologia utilizada na dissertação de mestrado

Identificação do problema e motivação

Esta etapa compreende os capítulos da Introdução e da Revisão da Literatura, tendo como tarefas: identificar e compreender o problema em estudo e para o qual é pretendida uma solução, recorrendo a uma revisão sistemática da literatura. Por conseguinte, como a presente dissertação está direcionada para a Gestão e Engenharia

do Conhecimento, foi descrito todo um conjunto de conceitos e teorias relevantes à elaboração da mesma, bem como a seleção de quais as tecnologias de suporte (UML, Protégé 5.1.0, OWL e SPARQL). De referir ainda que a validade da pesquisa fundamentada em DSR, deve ser provada a partir da avaliação dos artefactos desenvolvidos (Baskerville e Pries-Heje, 2010). Esta avaliação foi efetuada com recurso a processos de inferência e a consultas com a linguagem SPARQL, retornando as respostas pretendidas.

Objetivo da solução

Nesta fase, estando também compreendidos os capítulos anteriormente referidos, depois de adquirido conhecimento relevante sobre o tema, foram propostos objetivos para a resolução do problema, tendo como base o método científico abduutivo, pois quem sugere a solução deve utilizar a sua criatividade e os conhecimentos/ experiências de modo a apresentar soluções capazes e que possam ser usadas na melhoria da solução atual. Ou seja, foi proposta a realização de um protótipo de Base de Conhecimento, para posterior desenvolvimento de uma ferramenta inteligente de apoio à decisão em situações de Gestão de Emergências (THEMIS), cujas Forças Armadas possam utilizar.

Desenho, Projeto e Desenvolvimento

Compreendidos os capítulos da Gestão de Emergências e da Arquitetura da Base de Conhecimento, é desenvolvido o artefacto (conceitos, modelos, métodos, instâncias¹⁵ e as relações entre eles) proposto para solucionar o problema, bem como a arquitetura que o irá suportar. Se estes desenvolvimentos forem adequados, serão posteriormente avaliados. Se, no entanto, não se mostrarem adequados como solução às necessidades

¹⁵ Conceito: compreendido como o vocabulário de um domínio e aplicado para descrever os problemas dentro do domínio e especificar as respetivas soluções, sendo também utilizado para descrever e pensar sobre as tarefas.

Modelo: compreendido como um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os conceitos, sendo utilizados quando necessário retratar/representar/descrever uma realidade, apresentando as variáveis de determinado sistema e as suas relações.

Métodos: representam um conjunto de passos (um algoritmo) usado para executar uma tarefa sendo baseados num conjunto de construções subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) da solução. Podem ser representados graficamente ou por algoritmos específicos

Instâncias: realização de um artefacto no seu ambiente, ou seja, um conjunto de regras que orientam a utilização de um artefacto num ambiente real, mostrando como implementar os artefactos desenvolvidos e os possíveis resultados esperados. (March e Smith, 1995).

da pesquisa, o investigador poderá retornar à fase do objetivo, de maneira a aprimorar a pesquisa para aperfeiçoar o artefacto.

O desenvolvimento do projeto passa pela criação de um protótipo de Base de Conhecimento, no âmbito do projeto THEMIS, que a Marinha lidera.

Demonstração e avaliação

Compreendendo os capítulos da Arquitetura da Base de Conhecimento e o de Análise e Discussão de Resultados, esta etapa caracteriza-se por permitir a geração de novas aprendizagens e conhecimentos, não só para quem efetua a investigação, mas para quem tem acesso à mesma.

A avaliação é um processo exigente de verificação do artefacto no ambiente para o qual foi concebido, essencialmente para que quem não participou no desenvolvimento do mesmo ou para quem não é especialista na área, possa compreender perfeitamente o produto. A utilidade, qualidade e eficácia da DSR devem ser demonstradas rigorosamente por meio de métodos definidos para avaliação do resultado produzido (Hevner *et al.*, 2004), recorrendo a metodologias disponíveis na área científica, de acordo com a tabela 2.

São avaliadas as funcionalidades, arquitetura e requisitos do artefacto, para que no término do projeto seja efetuada uma comparação com os objetivos definidos no início e o produto final, existindo a possibilidade de retornar à fase de pesquisa por ocasião dos resultados da comparação serem insuficientes.

Quanto à avaliação do artefacto produzido no âmbito da presente dissertação de mestrado foi efetuada através do processo de inferência do *reasoner* Hermit 1.3.8 e de consultas SPARQL, constituindo um método de teste funcional. O método de avaliação experimental foi também utilizado, recorrendo a simulação, de modo a suportar os testes efetuados, introduzindo dados artificiais.

Tabela 2 - Métodos de avaliação de artefactos, adaptado de Hevner *et al.* (2004)

AVALIAÇÃO	MÉTODOS E TÉCNICAS
Observação	Estudo de Caso: estudo aprofundado do artefacto no ambiente da empresa. Estudo de Campo: monitorizar o uso do artefacto em múltiplos projetos.
Analítica	Análise estática: exame da estrutura do artefacto referente a qualidades estáticas (<i>e.g.</i> , complexidade). Análise da arquitetura: estudo do ajuste do artefacto à arquitetura do sistema. Otimização: demonstração da otimização das propriedades do artefacto. Análise Dinâmica: estudo das qualidades dinâmicas do artefacto em uso (<i>e.g.</i> , performance).
Experimental	Experimento Controlado: estudo do artefacto em ambiente controlado para análise das suas propriedades (<i>e.g.</i> , usabilidade). Simulação: análise do artefacto com dados artificiais.
Teste	Teste Funcional (<i>Black Box</i>): execução do artefacto para descobrir possíveis falhas e identificar defeitos. Teste Estrutural (<i>White Box</i>): teste de desempenho em relação a métricas na implementação do artefacto (<i>e.g.</i> , caminhos lógicos e códigos específicos).
Descritivo	Argumentação: uso de informação com base científica para construir um argumento convincente da utilidade do artefacto. Cenários: construir cenários detalhados em torno do artefacto, para demonstrar a sua utilidade.

Conclusão/Comunicação

Como etapa final, do ponto de vista científico, compreende a divulgação dos resultados obtidos, podendo ou não, estar em consonância com os objetivos estabelecidos, sendo aqui que o autor se consciencializa se obteve ou não sucesso no desenvolvimento do artefacto. É assim possível retornar ao ciclo do DSR e gerar contribuições a respeito de lacunas existentes na teoria. O último passo consiste na publicação do projeto e resultados, sendo o mesmo efetuado através da presente dissertação de mestrado.

4. Gestão de Emergências

4.1. Enquadramento

“A Gestão de Emergências é um processo complexo que requer a coordenação de um conjunto, geralmente elevado, de atores chamados a intervir para responder a situações de crise, e que se veem confrontados com desafios de natureza multidisciplinar” (Haddow e Bullock, 2008; Simões-Marques e Nunes, 2012).

Centenas de milhares de pessoas em mais de 100 países são periodicamente expostas a pelo menos uma das categorias de desastres (Moe et al., 2007), necessitando de ajuda humanitária.

Como anteriormente referido, a Gestão de Emergências é um tema em destaque, como resultado de catástrofes naturais e conflitos ocorridos frequentemente e que requerem assistência humanitária internacional por parte de diversos atores, civis e militares, governamentais e não-governamentais que convergem os seus esforços para uma resposta eficiente e eficaz.

A complexidade das operações de Gestão de Emergências deve-se ao facto de a quantidade de atores envolvidos intervirem em diversos sectores, como: ajuda humanitária, segurança, boa governação, desenvolvimento económico, poder de lei, na sequência de desastres naturais (*e.g.*, terremotos, cheias, secas) ou de origem humana (*e.g.*, ataques terroristas).

No entanto, em geral, estes atores não partilham o mesmo conhecimento, procedimentos e cultura, sendo primordial que, por questões de eficácia e eficiência, haja harmonização no emprego de recursos (humanos e materiais), por parte de todos os envolvidos. Esta harmonização contempla a análise, planeamento, gestão e avaliação das iniciativas necessárias, focada num objetivo comum: salvar vidas, aliviar o sofrimento das pessoas e reduzir outros impactos, em resultado de uma crise (*e.g.*, humanitária). As operações de Apoio a Situações de Catástrofe e Assistência Humanitária, inerentes ao processo de Gestão de Emergência, devem ser conduzidas em conformidade com os princípios humanitários da Humanidade, Imparcialidade, Neutralidade e Independência Operacional¹⁶, ou seja, os atores internacionais devem

¹⁶ **Humanidade:** proteger a vida e a saúde e garantir o respeito pelos seres humanos, onde quer que seja.

respeitar as diferenças culturais, éticas e morais do país em que prestam assistência (Simões-Marques e Nunes, 2012; UNOCHA, 2015a; UNOCHA, 2015b).

Este tipo de operações, também referido na presente dissertação como Operações de Resposta a Crises, são operações de grande escala, conduzidas por atores civis e militares, podendo ocorrer tanto em ambiente permissivo (*e.g.*, operações de assistência em catástrofes ou operações de *peacekeeping*, estabilização, reconstrução e desenvolvimento) como em ambiente de conflito (quando concorrem com operações de *peace making* e *peace enforcement*), como referido em Simões-Marques e Nunes (2012, apud DPKO, 2008).

Este ambiente, permissivo ou não, determina o papel primário ou secundário (*i.e.*, apoiado ou apoiante) das Forças Armadas, na condução das operações. Ou seja, se existir um ambiente de conflito, as FFAA devem ter um papel primário, conduzindo estas as Operações de Resposta à Crise, como ilustrado na Figura 14.

Esta participação das FFAA, está vertida no Conceito Estratégico de Defesa Nacional aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º19/2013 de 5 de abril de 2013, publicado em Diário da República, I Série, N.º67, de 5 de abril, que estipula que as FFAA participam em missões de apoio ao Serviço Nacional de Proteção Civil, para fazer face a situações de catástrofe ou calamidade pública e têm o dever de participar em missões de resposta a crises internacionais ou conflitos armados, apoio à paz e auxílio humanitário e cooperação técnico-militar.

Em situações em que não predomina a preocupação com conflitos, o envolvimento das FFAA é em apoio à componente civil, colmatando as suas falhas de capacidades, seja em matérias de transporte, logística, sanitária, proteção civil, busca e salvamento e segurança.

Para que exista uma consciencialização situacional comum a todos os atores, é crucial a partilha de informação que permitira a identificação do local e necessidade da

Imparcialidade: dar prioridade aos casos mais urgentes, não fazendo distinções com base na nacionalidade, raça, género, crença religiosa, opiniões de classe ou políticas.

Neutralidade: não tomar partido nas hostilidades, nem haver envolvimento em controvérsias de natureza política, racial, religiosa ou ideológica.

Independência Operacional: ser autónomo dos objetivos políticos, económicos, militares ou outros que qualquer ator possa realizar em relação às áreas onde a operação de assistência está a decorrer (UNOCHA, 2015b).

assistência humanitária, quais os atores que estão envolvidos no processo, bem como, o apoio que estes podem oferecer, facilitando assim o processo de tomada de decisão através da coordenação de meios entre todos os envolvidos, na Gestão de Emergências (Simões-Marques e Nunes, 2013).

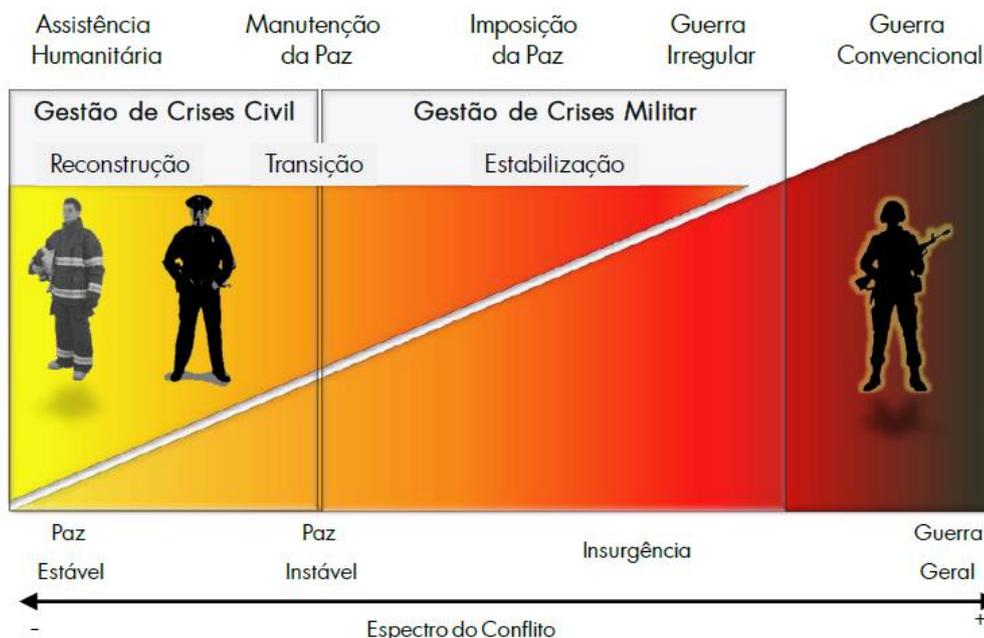


Figura 14 - As operações de resposta à crise e o espectro do conflito, adaptado de Simões-Marques e Nunes (2012)

Esta dissertação basear-se-á na doutrina da FEMA¹⁷ e INSARAG¹⁸, pois a doutrina nacional da Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), baseia-se nos mesmos pressupostos.

Por conseguinte, as situações de emergência complexas exigem ferramentas inteligentes de investigação e previsão que ofereçam uma solução num curto espaço de tempo, auxiliando a tomada de decisão (Serban, 2013).

¹⁷ **FEMA**: criada em 1979 pelo presidente norte-americano Jimmy Carter, tem como missão apoiar os cidadãos e os primeiros socorristas a garantir que, enquanto nação, trabalhem em conjunto para construir, sustentar e melhorar a capacidade de se preparar, proteger, responder, recuperar e mitigar todos os riscos, após uma catástrofe (FEMA).

¹⁸ **INSARAG**: doutrina da ONU, criada em 1991 que passa por desenvolver atividades de preparação e resposta eficazes, entre atores nacionais e internacionais do USAR, aquando de uma emergência, economizando vidas e minimizando o sofrimento e consequências adversas.

4.2. Caracterização da Gestão de Emergências

4.2.1. Conceitos

Para um melhor enquadramento do que é a Gestão de Emergências, é necessária a compreensão de alguns conceitos, apresentados em UNOCHA (2015b), relacionados com a mesma e com a subsequente ação humanitária, que serão referidos doravante, nomeadamente:

- **Desastre:** é uma interrupção do bom funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas de vidas humanas, bem como impactos no quotidiano das pessoas, impactos materiais, económicos ou ambientais generalizados, que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada, de lidar com o desastre com os seus próprios recursos (UNISDR, 2009).

Moe *et al.* (2007), consideram ainda que um desastre é uma situação que supera a capacidade local, e que necessita de assistência externa ao nível nacional e internacional ou é reconhecido por uma agência multilateral¹⁹ ou por pelo menos duas fontes, nacional, regional ou internacional de grupos de assistência ou *media*. Na presente dissertação, desastre será também considerado como uma situação de emergência.

- **Crise Humanitária:** é uma situação em que a saúde, a vida e o bem-estar das pessoas estão em perigo como consequência da interrupção da rotina diária e do acesso a bens e serviços básicos, podendo ser o resultado de desastres naturais, desastres tecnológicos ou causados pelo Homem, bem como situações de violência e conflito.

- **Assistência Humanitária:** compreende atividades de assistência, proteção e intermediação realizadas de forma imparcial em resposta a necessidades humanitárias resultantes de emergências complexas e / ou desastres naturais. Essas atividades podem ser relativas a um evento que já ocorreu, ou preventivas, de modo a mitigar riscos e preparar futuros eventos.

- **Atores Humanitários:** são pessoas civis, nacionais ou internacionais, das Nações Unidas (ONU) ou não, agências governamentais ou não-governamentais, que se

¹⁹ Agência Multilateral: organização formada por três ou mais nações com o objetivo de trabalhar nos problemas relacionados com os países membros da organização.

Fonte: <http://www.geni.org/globalenergy/library/organizations/>, (obtido em maio de 2017).

comprometem com os princípios humanitários e estão envolvidos em ações humanitárias.

- **Desastres naturais:** são eventos causados por riscos naturais que afetam gravemente a sociedade, economia e / ou infraestruturas de uma região. As consequências humanitárias dependem da vulnerabilidade das pessoas afetadas e da sua capacidade de lidar com tais eventos, bem como da capacidade de resposta local.

- **Emergência complexa:** é uma crise humanitária num país, região ou sociedade onde há uma quebra total ou considerável de autoridade resultante de conflitos internos ou externos e que requer uma resposta internacional que vá além do mandato ou capacidade de qualquer programa da ONU em curso.

- **Proteção civil:** é o desempenho de tarefas humanitárias destinadas a proteger a população civil contra os perigos e ajudar na recuperação imediata face aos problemas, hostilidades ou aos desastres, além de proporcionar as condições necessárias à sua sobrevivência.

4.2.2. Classificação de Emergências

Para que uma situação de desastre seja considerada uma situação de emergência, é necessária a verificação de algumas condições. Quarantelli *et al.* (2007) identificaram diversas características que descrevem estas situações:

- o fenómeno estende-se através das fronteiras nacionais e os impactos estendem-se através das fronteiras políticas e governamentais, cruzando também os setores público e privado;

- o fenómeno propaga-se muito rapidamente;

- o ponto de origem e os potenciais efeitos negativos não são claramente conhecidos;

- há, direta ou indiretamente, um grande número de vítimas (potenciais ou reais);

- organizações internacionais estão envolvidas na resposta inicial, e o próprio governo do Estado pode não ser o ator principal.

Uma vez considerada como situação de emergência, torna-se necessária a sua classificação, no que diz respeito à sua ocorrência, nomeadamente se foi um desastre natural ou tecnológico (provocado ou não pela mão humana) ou um ataque terrorista.

Embora internacionalmente não exista uma classificação padronizada de desastres e da terminologia associada, o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED, 2009), em colaboração com diversas organizações, deram um importante passo para que esta padronização se concretizasse, propondo uma terminologia comum para todos os atores internacionais, denominada *Classificação de Categorias de Desastres e Terminologia de Perigos para Bases de Dados Operacionais*.

Esta classificação divide a natureza das situações de emergência em dois grupos genéricos: naturais e tecnológicos, que são passíveis de ser mais detalhados usando uma hierarquia compreendida pelos seguintes níveis: família de eventos, evento principal, sub-tipo de evento e sub-sub tipo de evento.

Por exemplo, os desastres naturais dividem-se em seis famílias: biológicos, geofísicos, meteorológicos, hidrológicos, climatológicos e extraterrestres; enquanto que os tecnológicos se dividem em acidentes industriais, acidentes com transportes e acidentes mistos (Below *et al.*, 2009; CRED, 2009).

Consultando a doutrina nacional, nomeadamente da Autoridade Nacional de Proteção Civil, é também possível constatar que estas situações de emergência e ações de ajuda humanitária podem ser classificadas em mais grupos genéricos, como proteção e assistência a pessoas e bens, operações e estados de alerta, como descrito no anexo B (ANPC, 2015). No anexo B, consta a classificação de desastres pela CRED e pela ANPC, juntamente com os estados de alerta e assistência a pessoas e bens, usadas neste último.

4.2.3. Fases do Processo de Gestão de Emergências

A Gestão de Emergências traduz-se num processo que a *Federal Emergency Management Agency* (FEMA), dos EUA, caracterizou em quatro fases, ilustradas na Figura 15.



Figura 15 - Fases do processo de Gestão de Emergência, adaptado de FEMA

Estas fases caracterizam-se, segundo a FEMA e Simões-Marques e Nunes (2012) por:

Mitigação: fase de implementação de estratégias que visam minimizar ou limitar as consequências dos desastres (esta fase pode fazer parte do processo de recuperação, se for aplicada imediatamente após o incidente);

Preparação: fase que envolve um ciclo contínuo de planeamento e treino, bem como de informação pública, educação e comunicação. Através da análise e avaliação do risco são identificados os perigos e medidas de prevenção a implementar para os eliminar ou reduzir e, deste modo, minimizar os efeitos dos desastres, caso ocorram. Esta fase é muito importante, uma vez que a preparação permite desenvolver uma resiliência que permitirá uma resposta eficaz e uma recuperação mais rápida;

Resposta: fase que ocorre imediatamente após a ocorrência do desastre e que inclui a mobilização dos meios de emergência.

Recuperação: fase em que são realizadas ações para recuperar a área afetada, incluindo a reconstrução de edifícios destruídos, a reparação das infraestruturas essenciais e a criação de emprego.

A UNOCHA, através do INSARAG, elaborou orientações internacionalmente aceites, que fornecem metodologias para guiar os países afetados por desastres, bem como as equipas *Urban Search and Rescue* (USAR) que sejam enviadas para prestar apoio a esses mesmos países, propondo os processos de preparação, cooperação e coordenação a adotar entre os participantes nacionais e internacionais. Esta organização trabalha com

todos os participantes, de forma a auxiliar o governo do país afetado a assegurar a eficaz utilização dos recursos.

Para que estas tarefas sejam possíveis, a UNOCHA definiu uma organização baseada na equipa UNDAC (*United Nations Disaster Assessment and Coordination*), que é enviada para o país afetado, caso tal seja solicitado oficialmente pelo mesmo ou pelo Coordenador Residente da ONU. Esta equipa auxilia a LEMA²⁰ na coordenação e resposta internacional, incluindo equipas USAR, avaliação de necessidades prioritárias e gestão da informação, estabelecendo um Centro de Receção/Partida para as USAR, entre outros. A UNDAC, quando estabelecida, equivale ao Posto de Comando Operacional.

No entanto, como não se pode antecipar onde irão operar e quem são as pessoas e as unidades que irão reunir e fornecer informações, bem como quem responderá e contribuirá com recursos, foi previsto um método mais fácil de gerir a informação, através do estabelecimento de um Posto de Comando Operacional, de onde será coordenada toda a ação de Assistência Humanitária e de outros subpostos funcionais conforme a necessidade desencadeada pelos eventos decorrentes (Murphy e Jennex, 2006).

O documento elaborado pela UNOCHA definiu assim um ciclo de resposta internacional das equipas USAR, para que todos os atores estejam em harmonia no que compete às suas tarefas, como ilustrado na Figura 16, com as seguintes fases:

Preparação: esta fase corresponde ao período antes de qualquer desastre em que as equipas USAR realizam treino e exercícios, de modo a relembrem lições aprendidas em experiências de salvamentos anteriores, atualizarem procedimentos padrão e planearem respostas futuras;

Mobilização: após a ocorrência de uma catástrofe, é a fase em que as equipas USAR aprontam a sua intervenção e deslocação para o país afetado que solicitou assistência internacional;

²⁰ *Local Emergency Management Authority*, doravante referida como a Autoridade Local de Gestão de Emergências (LEMA).

Operações: esta fase compreende o período em que as equipas USAR internacionais realizam operações USAR no país afetado. As equipas chegam ao RDC (Centro de Receção / Partida), inscrevendo-se no OSOCC (Centro de Coordenação de Operações no Local) e conduzem as operações de acordo com as diretivas da LEMA (Autoridade Local de Gestão de Emergências). Esta fase termina apenas quando houver ordem para cessação das operações;

Desmobilização: quando as equipas USAR recebem instruções para cessar as operações de USAR, iniciam a sua retirada;

Pós-Missão: fase em que a equipa USAR retorna ao seu país, sendo requerido o preenchimento um relatório pós-missão e uma revisão pós-ação, a fim de melhorar a eficiência e eficácia para uma resposta a futuras catástrofes.



Figura 16 - Ciclo de resposta internacional das equipas USAR, adaptado de UNOCHA (2015a)

A UNDAC trabalha com autoridades locais para coordenar atores de organizações humanitárias, apoia nas necessidades de avaliação de emergências e é responsável pela ligação entre atores civis e militares. Desta forma, depois de estabelecido o Posto de Comando Operacional, deve ser facilitada a coordenação civil-militar, sendo solicitações comuns aos militares as seguintes:

⇒ Transportar as equipas USAR entre o RDC e o Posto de Comando Operacional e às áreas de operações subsequentes;

⇒ Fornecer combustível para veículos;

⇒ Operar helicópteros, para reconhecimento visual do terreno pela equipa da UNDAC e parceiros (*e.g.*, extensão do impacto, restrições de infraestruturas, necessidades e áreas prioritárias);

⇒ Disponibilizar mapas, se disponíveis, para a tarefa da equipa USAR;

⇒ Facilitar a instalação imediata do Centro de Receção pelas equipas UNDAC/USAR;

⇒ Assegurar a segurança (marítima, terrestre ou aérea) das equipas USAR que viajam para áreas pouco seguras.

Para que se cumpram ambos os ciclos de resposta de forma coesa e efetiva é necessário um grande esforço de coordenação, que envolve a utilização sistemática de instrumentos políticos. Tais instrumentos incluem:

- Planeamento estratégico;
- Recolha de dados e gestão de informação;
- Mobilização de recursos e garantia da prestação de contas;
- Organização de uma divisão funcional do trabalho;
- Negociação e manutenção de um quadro útil de relacionamento com as autoridades políticas de acolhimento;
- Garantia de liderança.

4.2.4. Operações de Resposta

4.2.4.1. Organização

Em situações de resposta a crises de Assistência Humanitária é imprescindível a existência de uma Organização bem definida, na qual todos os intervenientes tenham conhecimento exato das suas funções e haja interação harmoniosa entre si, de modo a que a ajuda às populações seja eficaz. Esta interação ocorre ao **nível estratégico**, que inclui a orientação política, prendendo-se com as questões globais e regionais a longo prazo (*e.g.*, reconstrução, desenvolvimento económico e estabilização do país), a **nível operacional**, que se foca no planeamento e suporte das operações imediatas e a curto prazo (*e.g.*, infraestruturas de saúde, transporte, alimentação e abrigo de deslocados, programas de segurança, sincronização das operações ao nível tático e coordenação) e por último, o **nível tático** preocupa-se com as tarefas de campo, em apoio das populações afetadas, incluindo operações de segurança local, registo e movimentação

de deslocados, gestão e atribuição de projetos, reconhecimento civil ou apoio de serviços básicos de saúde (Simões-Marques e Nunes, 2012; UNOCHA, 2015b).

Para tal, é particularmente útil a organização proposta pelo INSARAG, a qual é encabeçada pela LEMA, correspondente à agência líder do governo de resposta a desastres a qual, deve estar bem organizada no que diz respeito à preparação e distribuição de recursos nacionais (incluindo as USAR), para resposta a desastres de qualquer género, dentro do seu limite de soberania, podendo ser auxiliada pela UNDAC.

Seguidamente é estabelecido o Posto de Comando Tático (o OSOCC na doutrina INSARAG), responsável pela coordenação de todas as operações de Assistência Humanitária, e o Centro de Receção e Partida (normalmente estabelecido perto de um aeroporto), que coordena a chegada e a partida dos atores estrangeiros intervenientes nas mesmas, e que reporta ao LEMA, através do Posto de Comando Operacional (onde está a UNDAC).

Está também prevista a utilização de um Centro Nacional de Comando e Controlo, o Centro de Operações de Emergência (COE), que é responsável pelo nível estratégico numa situação de emergência, assegurando a continuidade da operação num país afetado, 24 horas por dia. Este COE não controla as operações no terreno, embora seja responsável pela visão estratégica geral do desastre, sendo a sua principal função recolher, reunir e analisar informação que facilite o processo de tomada de decisão.

Depois de estabelecidos os postos de comando e controlo, é necessário a implementação das diversas componentes no terreno, nomeadamente:

⇒ Equipa de Gestão, que contempla toda a parte do planeamento, Oficiais de Ligação, Oficiais de Segurança e Oficiais de Relações Públicas, bem como especialistas que aconselham nas suas áreas;

⇒ Equipa de Logística, que assegura a parte das comunicações e sistemas de informação, bem como a gestão e distribuição de meios e recursos;

⇒ Equipa Médica, que contempla médicos e paramédicos/enfermeiros;

⇒ Equipa de Busca, contemplando não só o reconhecimento inicial, mas também buscas avançadas com recurso a cães – equipas cinotécnicas;

⇒ Equipa de Resgate, com valências em diversas áreas de resgate.

A hierarquia descrita acima encontra-se ilustrada na Figura 17.

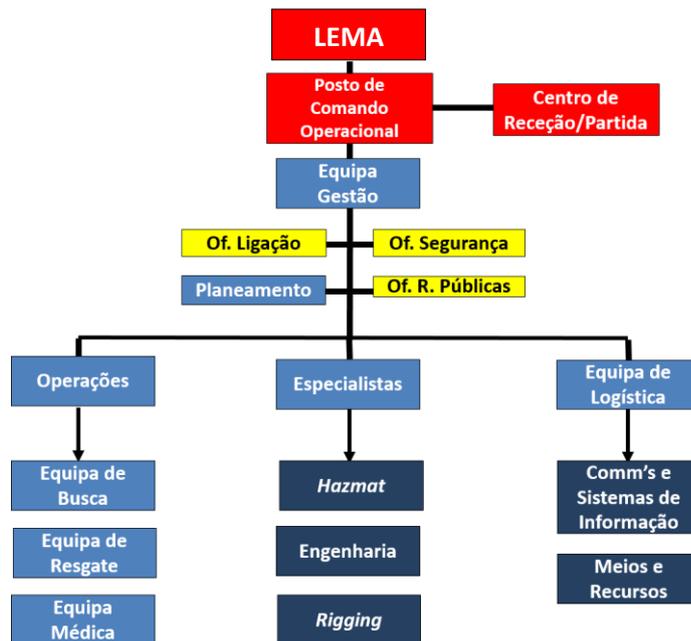


Figura 17 - Estrutura hierárquica do INSARAG, adaptado de UNOCHA (2015a)

De salientar que toda esta hierarquia poderá ser replicada, consoante o número de Postos de Comando Operacional que existam, pois em desastres de larga escala (como o caso do sismo no Haiti, em 2010), é necessária a implementação de vários subpostos, de modo a gerir os atores no terreno, o que, na terminologia da ANPC, é designado por sectorização do Teatro de Operações.

A UNOCHA possui ainda os serviços de Alerta Global de Desastres, que se baseia no conhecimento coletivo dos gestores de desastres em todo o mundo e na capacidade conjunta dos sistemas de informação sobre desastres, facilitando em tempo quase real os alertas e a partilha de informação entre atores, de modo a apoiar o percurso de tomada de decisão e a posterior coordenação dos meios. Desta plataforma também faz parte o Posto de Comando Operacional Virtual, que é uma ferramenta de gestão de informação baseada na web e que permite a partilha de informações entre atores internacionais e o país afetado, sendo o seu uso restrito aos intervenientes na operação de resposta a uma situação de emergência concreta.

- **Equipas e as suas funções**

A classificação das equipas geralmente baseia-se no modelo definido pelo INSARAG, que é seguido pela maioria dos países membros da ONU.

Estas equipas, denominadas equipas *Urban Search and Rescue* (USAR), desenvolvem ações de localização, extração e estabilização inicial, de forma coordenada e padronizada, no menor tempo possível após a ocorrência de um desastre, minimizando o risco para os socorristas.

Podem ser internacionais (equipas classificadas como médias ou pesadas), nacionais (ligeiras, médias ou pesadas), governamentais ou não-governamentais ainda não classificadas.

A intervenção destas equipas deve ser escalonada, ou seja, quando ocorre um desastre, os governos locais devem direcionar os recursos próprios para ajudar, seguidamente pedir auxílio a países vizinhos e organizações regionais e, só em terceiro nível, a assistência humanitária deve ser requerida internacionalmente, para tarefas especializadas de busca e salvamento complexas, entre outras.

Para que estes níveis de resposta sejam cumpridos, os países devem desenvolver uma estrutura de resposta nacional eficaz, de modo a poder prestar auxílio às suas populações em primeira instância.

A ONU defende que cada país tem a responsabilidade de auxiliar as vítimas de qualquer desastre no seu próprio território, devendo ter a capacidade de iniciar, organizar, coordenar e providenciar ajuda humanitária necessária.

Os esforços de resgate devem iniciar-se com os voluntários perto do desastre, seguidos, em poucos minutos, dos serviços de emergência locais e complementados pela chegada de recursos de resgate regionais ou nacionais, no prazo de algumas horas. As equipas internacionais respondem dias após o evento, na sequência de um pedido oficial do governo para assistência humanitária internacional. Estas equipas integram as equipas nacionais, sendo coordenadas pelas mesmas.

A classificação das equipas USAR é a seguinte:

⇒ **Ligeiras:** possuem capacidades operacionais básicas em termos de conhecimentos, competências e equipamentos de resgate e não satisfazem as cinco componentes da busca e salvamento, abaixo mencionadas, embora sejam capazes de ajudar no reconhecimento do terreno e resgate das primeiras vítimas, logo após o

desastre. Estas equipas não são contempladas pelo processo de classificação do INSARAG, devido às suas limitações, não sendo utilizadas a nível internacional.

⇒ **Médias:** compreendem as cinco componentes, tendo a capacidade de realizar operações técnicas complexas de busca e salvamento, como por exemplo o resgate de pessoas em estruturas colapsadas, sendo esperado destas equipas apenas capacidade de operar num local único.

⇒ **Pesadas:** possuem as capacidades das equipas médias, bem como o equipamento e a mão-de-obra para operar em dois locais de trabalho simultaneamente. Define-se como segundo local de trabalho qualquer área de trabalho que requeira a reatribuição do pessoal e equipamento de uma equipa a um local diferente, exigindo apoio logístico independente. Geralmente, uma tarefa deste tipo duraria mais de 24 horas.

A Figura 18 ilustra a hierarquia existente entre as equipas e o tipo de resposta reconhecido pelo INSARAG.

De acordo com o INSARAG, uma equipa USAR deve compreender as seguintes componentes:



Figura 18 – Resposta das equipas USAR após desastre, adaptado de UNOCHA (2015a)

⇒ **Gestão:** compreende o oficial de planeamento, o *team leader*, oficial de operações, engenheiro de infraestruturas, especialista de equipamentos, oficial de ligação e oficial de segurança, sendo esta célula responsável por todos os aspetos das atividades dos elementos da equipa USAR ao longo do ciclo de resposta, incluindo comando e controlo, operações, avaliações, coordenação, planeamento, comunicação social e segurança.

⇒ **Médica:** compreende médicos e paramédicos/enfermeiros, sendo necessária para assegurar a saúde, atendimento de emergência e bem-estar dos membros da equipa USAR e das vítimas, incluindo cães de busca e salvamento (se permitido pela Autoridade Nacional de Saúde) durante as operações.

⇒ **Logística:** compreende gestor/técnico de logística e especialista de comunicações. A componente Logística é necessária para apoiar e sustentar a equipa USAR em todos os aspetos do ciclo de resposta, incluindo a gestão monetária, Base de Operações, comunicações, passagem de fronteiras e transporte.

⇒ **Busca:** compreende os meios de busca técnica e cães de busca e salvamento, sendo responsável pela aplicação sistemática de recursos técnicos e / ou caninos para a localização de pessoas presas em consequência de um desastre.

Esta componente compreende especialistas que estão alerta para perigos em: túneis, canais de água, áreas propensas a inundações, instalações industriais, declives/ravinas/montanhas, instalações agrícolas, tanques, novas construções, grutas, edifícios altos, entre outros.

⇒ **Resgate:** compreende um oficial de resgate (*team leader*) e um técnico de avaliação de perigos, sendo responsável pela aplicação de um conjunto abrangente de capacidades, técnicas e equipamentos, incluindo corte, escoramento, equipamento para resolver situações de extração complexas, entre outras.

Algumas técnicas de resgate consideradas pelo INSARAG são: resgate em espaços confinados, resgate de água ou gelo, resgate em estrutura colapsada, resgate de gruta, resgate por cabo, resgate industrial ou agrícola, resgate de veículos e acidentados.

Quando for solicitado, as equipas podem integrar militares dos três ramos das FFAA, cujas definições segundo a UNOCHA (2015b), são:

⇒ **Marinha:** é a componente marítima ou naval que normalmente é encarregada de manter a segurança das águas territoriais do país e das linhas de comunicação marítimas e das missões contra pirataria e de transporte / logística.

Além dos navios, as Marinhas podem ter ativos aéreos. Os Fuzileiros Navais ou as Forças Anfíbias são geralmente o menor serviço dentro das Forças Armadas de um Estado-

Membro, sendo empregues para realizar missões de alto risco. São móveis por mar, terra e ar.

⇒ **Exército:** é a componente terrestre que, normalmente, é encarregada de possuir e manter objetivos específicos ou áreas geográficas. Os exércitos dos Estados-Membros são, geralmente, o maior serviço em termos de pessoal e equipamentos, sendo o serviço com maior probabilidade de ser encontrado em operações de manutenção da paz, emergências complexas e resposta a desastres naturais.

⇒ **Força Aérea:** é a componente aérea e fornece vantagem estratégica e tática para do terreno, bem como possibilidade de participar em missões de guerra aérea. Possuem aeronaves de asa rotativa e fixa.

4.2.4.2. Recursos

Alguns exemplos de recursos humanos e capacidades necessárias numa situação de emergência foram identificados no levantamento efetuado no DISTEX, reuniões da ANPC, *brainstorming* com elementos do projeto THEMIS e documentação técnica, são listados de seguida:

⇒ **Especialidades:** médicos, enfermeiros, psicólogos, socorristas, militares, bombeiros, forças de segurança, equipas cinotécnicas, responsáveis e outros elementos pertencentes à célula logística, hospital de campanha e relações públicas, eletricitistas, carpinteiros, mecânicos e outros técnicos, especialistas em materiais perigosos, especialistas em busca e salvamento, especialistas em resgate, engenheiros avaliadores de infraestruturas, especialista em comunicações, oficiais de coordenação, cargos políticos (*e.g.*, Autoridade de Gestão de Emergências, Presidente da República, membros do Governo, Presidente da Câmara Municipal), condutores, pilotos, oficiais de planeamento, entre outros;

⇒ **Capacidades:** primeiros socorros, suporte básico de vida, suporte avançado de vida, resgate através de cabos, resgate em espaços confinados, resgate em meios aquáticos, escalada, tratamento de queimaduras, resgate em estruturas colapsadas, combate Nuclear, Biológico e Químico (NBQ), operação de veículos pesados, interação com os meios de comunicação social, entre outros.

Alguns exemplos de recursos materiais identificados são os seguintes:

⇒ **Kit médico individual:** medicação para febre, dores, alergias, repelente, creme para queimaduras, medicação para malária ou outra doença comum na zona, soro, máscaras, luvas, purificador de águas, entre outros;

⇒ **Kit individual de missão:** mochila, lanterna, luvas de trabalho, máscaras, óculos de trabalho, máquina fotográfica, muda de roupa de acordo com o tipo de região (*e.g.*, fria, quente, temperada), GPS, capacete, telefone ou outro equipamento de comunicações, água, mapas da região, entre outros;

⇒ **Outro material:** planos rígidos, cadeiras de rodas, macas, cabos de diversos tamanhos, ferramentas de abertura forçada, ferramentas de corte, ferramentas de remoção de detritos, extintores, mangueiras, material de escoramentos, machados, pás, entre outros.

Alguns exemplos de meios igualmente identificados, são listados de seguida:

⇒ **Aéreos:** helicópteros (*e.g.*, Lynx MK95);

⇒ **Terrestres:** ambulâncias, autocarros para transporte de pessoas, carros de bombeiros, carros de polícia, carros com possibilidade de se deslocarem em terrenos difíceis, reboques, entre outros;

⇒ **Marítimos:** fragatas (*e.g.*, classe Vasco da Gama e Bartolomeu Dias), corvetas (*e.g.*, António Enes, João Roby), patrulhões (*e.g.*, classe Viana do Castelo), entre outros.

4.3. Simbologia

Para que haja consenso entre os atores internacionais, a UNOCHA disponibilizou uma simbologia que deve ser utilizada pelos intervenientes na Assistência Humanitária e embora a Marinha possua a sua própria simbologia, seria vantajoso adotar a que é reconhecida internacionalmente, para que em situação de emergência e assistência Humanitária Internacional, não existam dúvidas no que respeita ao significado da simbologia. A simbologia UNOCHA foi adotada no projeto THEMIS.

A simbologia proposta pela UNOCHA é apresentada no anexo C.

4.4. Informação Relevante

Devido à informação estar dispersa e quando recolhida poder ser contraditória e proveniente de diversas fontes, é sentida a necessidade de criar uma Base de Conhecimento que consiga responder *a priori*, às necessidades dos atores

intervenientes na Assistência Humanitária a um país afetado por desastre, seja de origem natural ou provocado pelo Homem, ou ainda resultante de ataques terroristas.

Algumas dessas questões são relativas a:

⇒ **Natureza do desastre:** Data e Hora, duração, intensidade (*e.g.*, escala de *Richter*), eventuais eventos subsequentes;

⇒ **Panorama da situação:** população e área afetada, condições e localização; informação operacional necessária para implementar programas de assistência humanitária; historial da zona (*e.g.*, geografia, condições económicas, conflitos); registo para análise futura (lições aprendidas); níveis de prioridades (prioridade extrema, prioridade baixa, prioridade moderada);

⇒ **Equipas de Busca e Salvamento:** Mapas da cidade, tipos de construção, edifícios destruídos, extensão dos danos (*e.g.*, edifícios públicos, escolas, centros comunitários, hospitais, edifícios industriais, presença de materiais perigosos) para vários tipos de intervenção, quantidade de equipas nacionais e internacionais e a sua localização;

⇒ **Centro de Controlo de Feridos e Evacuados/Abrigos:** número de feridos, mortos, desaparecidos, desalojados, recenseamento, necessidade de resistir a condições climatéricas adversas, percentagem de ajuda que indivíduos necessitam;

⇒ **Saúde:** Nível de destruição dos serviços de saúde, necessidades de cada problema, vacinação, instalações, equipamentos, classificação de feridos, postos avançados de saúde existentes, transporte de feridos por ambulância, doenças transmissíveis, pessoas identificadas como aptas para ajudar nas operações de ajuda humanitária; níveis de triagem médica (*e.g.*, preto, branco, vermelho, amarelo e verde);

⇒ **Alimentação e Nutrição:** padrão de consumo de alimentos, disponibilidade de alimentação no país, distribuição, informações nutricionais, alimentação infantil;

⇒ **Água e Saneamento:** destruição de instalações de água e esgoto, equipamentos, pessoas afetadas por falta de água e saneamento, definir quantidade de água a distribuir (15l por pessoa, por dia, normalmente), qualidade da água;

⇒ **Logística:** assegurar e coordenar transportes, estado das estradas, possíveis estrangulamentos (*e.g.*, pontes caídas, deslizamento de terras, inundações), meios de comunicação, equipamentos de movimentação de carga, armazéns disponíveis.

4.5. A importância da Gestão do Conhecimento na Gestão de Emergências

Existem diversos desafios colocados pelas emergências complexas às organizações que prestam assistência, designadamente a nível de gestão de dados, informação e conhecimento sobre a crise em curso, devendo existir a capacidade de identificar a informação crítica necessária, onde encontrá-la, quais as principais lacunas no processo de resposta, melhor forma de a partilhar, apresentar e difundir a quem mais necessita.

Este processo nos últimos anos tem vindo a ser abordado pela Gestão do Conhecimento, de modo a que a resposta a tais perguntas seja rápida e eficiente, tendo como objetivo o planeamento e resposta a catástrofes naturais e emergências complexas, com o intuito de salvar o maior número possível de vidas. No entanto, a resposta a estas questões não é fácil, primeiro devido à existência de conhecimento tácito que geralmente não é documentado, mas derivado da experiência como referido no Capítulo 2, sendo apenas transmitido através de briefings, discussões e observação. Em segundo, devido à complexidade da situação e ao dinamismo do ambiente, que leva à existência de uma vasta quantidade de informação provinda de diversas fontes, muitas vezes vaga e contraditória, que torna a recolha do conhecimento situacional difícil, também devido a condições de acesso, instabilidade do país ou restrições do próprio governo.

Quando uma situação de emergência acontece, há uma sobrecarga de informação na forma de relatórios, embora haja uma falha na recolha sistemática de dados padronizados armazenados em bases de dados recuperáveis, existindo também falta de documentação e conhecimento, bem como aplicação de lições aprendidas e melhores práticas para tomada de decisão.

O desafio principal da Gestão do Conhecimento em situações de ajuda humanitária, passa por compilar e sintetizar dados acumulados, informações e conhecimento prévio, armazenando e organizando-o para que seja facilmente recuperado e difundido, tornando possível que seja apresentado e partilhado, utilizando métodos e sistemas eficazes, o que constitui uma mais-valia para a colaboração entre atores, que é fundamental na resposta a emergências, pois nenhuma entidade é a fonte de toda a informação.

Difundir este conhecimento é crucial para que haja uma redução da duplicação de esforços e também para a melhoria da coordenação de todos os atores, fornecendo uma Base de Conhecimento comum com informações críticas, que possam ser agrupadas, analisadas, comparadas, validadas e implementadas (King, 2005).

A Gestão do Conhecimento não é, assim, um conceito novo para atores envolvidos na resposta a catástrofes, pois a cada nova crise existe um novo ambiente geográfico, político, económico e novas preocupações sociológicas, o que leva os mesmo a criarem novas estruturas de conhecimento de modo a capturar importantes informações para posterior reutilização.

Estas novas estruturas, denominadas Sistemas de Gestão do Conhecimento, são projetadas para suportar o nível de prontidão da emergência e ser um guia para uma resposta eficaz durante uma situação real.

Segundo Raman *et al.* (2006), estes Sistemas devem: permitir que indivíduos e grupos criem, partilhem, divulguem e armazenem conhecimento; oferecer a capacidade de documentar experiências e lições aprendidas e formar memória organizacional geral para lidar com situações de crise; fornecer informações relevantes relacionadas com a resposta a emergências, em tempo útil, e apresentado de forma precisa; melhorar o processo geral de comunicação entre pessoas envolvidas em preparação para situações de emergência e resposta, estruturando a forma como a informação é organizada e documentada.

Por conseguinte, a construção de uma ontologia tem um papel fundamental na tarefa de melhorar a capacidade de lidar com o conhecimento, pois esta assegura uma conceção coerente e correta do mundo real, referindo-se a conceitos com significado único para toda a organização (*e.g.*, “pessoa deslocada” e “evacuado” são dois termos com o mesmo significado, sendo o principal objetivo da ontologia colmatar estes pormenores, de modo a não gerar confusão entre os atores).

4.6. As operações de apoio a catástrofes da Marinha Portuguesa como caso de estudo

4.6.1. Missão da Marinha

Uma das mais-valias que, em situações de emergência, as Marinhas podem prestar aos países apoiados prende-se com a capacidade de assegurarem o acesso pelo mar.

Tal capacidade é também reconhecida na Marinha Portuguesa, Instituição a que, nos termos da Constituição e da Lei incumbe:

⇒ Participar nas missões militares internacionais necessárias para assegurar os compromissos internacionais do Estado no âmbito militar, incluindo missões humanitárias e de paz assumidas pelas organizações internacionais de que Portugal faça parte;

⇒ Colaborar em missões de proteção civil e em tarefas relacionadas com a satisfação das necessidades básicas e a melhoria da qualidade de vida das populações (Decreto-Lei n.º 185/2014 de 29 de dezembro e na Lei Orgânica de Bases da Organização das Forças Armadas n.º 1-A/2009 7 de julho).

4.6.2. DISTEX

Deste modo, a Marinha tem o dever, de prestar auxílio e apoio humanitário às populações, quando solicitado e para tal é ministrado aos navios e respetivas guarnições uma formação no âmbito da Assistência Humanitária, através de um exercício/simulacro, denominado *Disaster Relief Exercise* (DISTEX), realizado na Escola de Tecnologias Navais (ETNA), com o objetivo de:

“Proporcionar treino na área de Assistência Humanitária, atendendo aos diversos condicionalismos mas também às valências inerentes às organizações específicas de cada classe de navios, preparando as unidades em treino para uma missão real (...)”.

Este exercício consiste na simulação de uma vila (Vila D’Ela) afetada por uma catástrofe, onde são treinados métodos de busca e salvamento urbano (USAR) e reforços estruturais a edifícios, combate a incêndios, bem como a prática de suporte básico de vida (SBV) e Medicina de Catástrofe, por parte das equipas médicas. A remoção de sinistrados de escombros, a instalação de um hospital de campanha, alojamento da população sinistrada, recuperação de estradas pontes e de circuitos

elétricos e de água, descontaminação biológica e química e contactos com a imprensa são outras ações treinadas no exercício (Nunes da Silva, 2011)

Este exercício é conduzido através de um conjunto de tarefas que permitirá a divisão clara de responsabilidades, tarefas para cada equipa, planos de comunicações e outros detalhes administrativos e que iniciam com a elaboração de um plano de ação, cujas informações iniciais requeridas são as seguintes:

- Hora e tipo da catástrofe, bem como efeitos secundários;
- Áreas afetadas e informação geográfica;
- População estimada e densidade populacional por tipo de construção;
- Existência de planos de contingência;
- Condições meteorológicas;
- Se existiu pedido formal de ajuda.

Depois de elaborado o plano, procede-se à implantação de uma organização para a Assistência Humanitária, de modo a distribuir e delegar responsabilidades, como ilustrado na Figura 19.

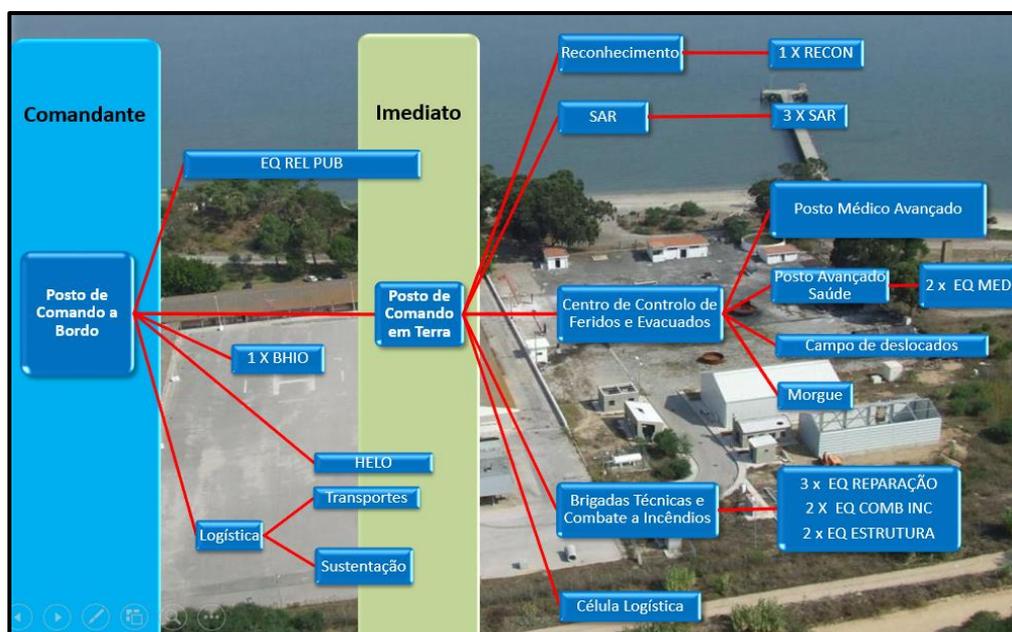


Figura 19 - Organização da Assistência Humanitária

A tabela 3 descreve os atores presentes no exercício DISTEX, ilustrados na Figura 19.

Tabela 3 - Atores do DISTEX

	Missão	Tarefa
Posto de Comando a Bordo (PCB)	Proporcionar a informação útil para a tomada de decisão por parte do Comandante. Exercer comando e controlo das unidades e meios orgânicos.	Construir um panorama esclarecido, compilar as prioridades do PCT, avaliar as necessidades de reforço ou apoio logístico; Coordenar a colaboração com entidades externas.
Posto de Comando em Terra (PCT)	Proporcionar a informação útil para a tomada de decisão por parte do Imediato Exercer o comando e controlo das equipas.	Construir um panorama esclarecido da situação geral das vítimas e gerir equipas (ações em curso e prioridades de ação); Coordenar resposta com entidades em apoio.
Equipa de Reconhecimento	Proporcionar a informação situacional para decisão do PCT sobre empenhamento de meios.	Recolha de informação sobre determinada área (através de máquina fotográfica); Triagem expedita das vítimas (Superficiais e encarceradas); ações necessárias; áreas de maior concentração; perigos (Risco de incêndio, atmosfera perigosa, derrames); recursos (Disponíveis ou reutilizáveis); Confirmação do panorama elaborado no PCT. Depois do RECON, integrar equipas SAR.
Equipa de Relações Públicas	Gerir a relação com os OCS ²¹ .	Identificar os OCS intervenientes e acolhê-los; Propor uma estratégia de comunicação; Estabelecer o contato inicial; Aconselhar sobre segurança. Preparar e acompanhar as entrevistas.
Equipa de Logística	Assegurar a cadeia adequada para projeção e sustentação das equipas.	Organizar o material; Planejar e controlar o movimento; Estabelecer uma célula logística para controlo e distribuição de material; Estabelecer e controlar os pontos de acesso; Coordenar com os meios externos em apoio evacuações médicas, meios de transporte e apoio diferenciado; Providenciar conforto à equipa e população afetada em termos de alimentação, agasalho e água.
Equipa SAR (Socorristas, técnicos para escoramentos urbanos)	Abordagem e encaminhamento de vítimas.	Triagem; Resgate de vítimas; Primeiros socorros.

²¹ OCS: Órgãos de Comunicação Social

Centro de Controlo de Feridos e Evacuados (CCFE) (equipas médicas, PMA²², Morgue)	Prestar auxílio às vítimas nas vertentes médica e social.	Triagem; Assistência médica; Estabelecer prioridades de evacuação; Recenseamento para construção de panorama geral das vítimas; Acompanhamento das vítimas estáveis; Recolha de informação;
Equipas Técnicas	Prestar apoio técnico às equipas SAR, identificar e limitar perigos, recuperar infraestruturas básicas.	Reparações: Mecânica, elétrica, trabalhos a quente, eletrotécnica. Controlo de derrames; Combate a pequenos incêndios.

Depois de estabelecida a organização, é necessário seguir linhas de ação para que haja harmonia entre a organização e organizações em apoio, de modo a gerir prioridades. Estas linhas de ação seguidas no DISTEX são baseadas na organização das Nações Unidas, INSARAG e são ilustradas na Figura 20.

Estas linhas passam primeiramente pelo estabelecimento do PCT (equivalente ao Posto de Comando Operacional referido em 4.2.3.), assegurando Comando e Controlo das equipas no terreno e a ligação com o Posto de Comando a Bordo (PCB) (equivalente ao LEMA, referido em 4.2.3.). De seguida fazer o reconhecimento da área afetada de modo a determinar prioridades de ação, nomeadamente vítimas e perigos. Ao mesmo tempo que esta última ação, é estabelecido o Centro de Controlo de Feridos e Evacuados (CCFE) e Posto Médico Avançado (PMA) para socorro e acolhimento de vítimas, onde é utilizado o código de cores (Preto, Vermelho, Amarelo, Verde e Branco).

É necessário também o estabelecimento da célula logística para assegurar o apoio à equipa de salvamento, sustentação da ação e proporcionar conforto à população afetada (alimentação, agasalho). De seguida é necessário o restabelecimento das vias de acesso para assegurar o apoio externo, em particular no encaminhamento de vítimas prioritárias (terrestre, vias rodoviárias, portos de atracação) e limitar os danos e mitigar os perigos para conter os riscos à ação da equipa de salvamento e população afetada. Deve também ser restabelecido o abastecimento de água e eletricidade para assegurar infraestruturas básicas de suporte, realizar o recenseamento da população afetada e por último coordenar a resposta com outras organizações em colaboração.

²² PMA: Posto Médico Avançado

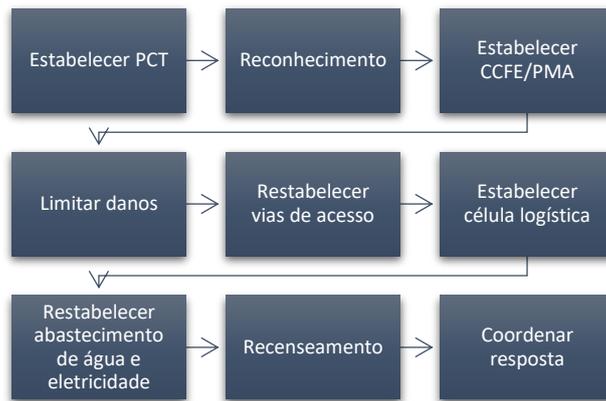


Figura 20 - Linhas de ação da Assistência Humanitária

Estes procedimentos são treinados para que numa situação de emergência, como o caso da recente tragédia que assolou Portugal, em Pedrogão Grande, sejam desejavelmente aplicados da melhor forma.

5. Arquitetura da Base de Conhecimento

5.1. Introdução

Uma Ontologia, com toda a sua estrutura, é utilizada neste trabalho para a representação da Base de Conhecimento do sistema de apoio à decisão, como referido no Capítulo 2.

Existem diversas metodologias para construir Ontologias, como METHONTOLOGY e On-To-Knowledge, no entanto foi seguida a metodologia proposta no artigo “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology” (Noy e McGuinness, 2001). Para a construção deste Capítulo foi também tida como referência o Guia para construção de Ontologias OWL de Horridge (2011).

Neste capítulo irá ser apresentada a construção da hierarquia de conceitos num diagrama de classes UML e descrita, detalhadamente, a construção da Ontologia desenvolvida nesta dissertação de mestrado, apoiada pela leitura do apêndice B, que sucintamente, explica as funcionalidades da ferramenta onde foi construída, o editor de Ontologias Protégé versão 5.1.0, que utiliza a linguagem OWL 2 – SROIQ (D) DL, referido no Capítulo 2.

A criação desta Ontologia tem como finalidade, suportar a Base de Conhecimento a utilizar no Sistema Inteligente THEMIS, cumprindo também a função de proporcionar um vocabulário comum sobre o tema de Gestão de Emergências.

A Figura 21 ilustra os seis passos que Noy e McGuinness recomendam para a construção desta Base de Conhecimento, passos esses concretizados no decorrer do trabalho, com a inserção por parte da autora de um último passo, o da validação interna, através da linguagem SPARQL e dos processos de inferência.

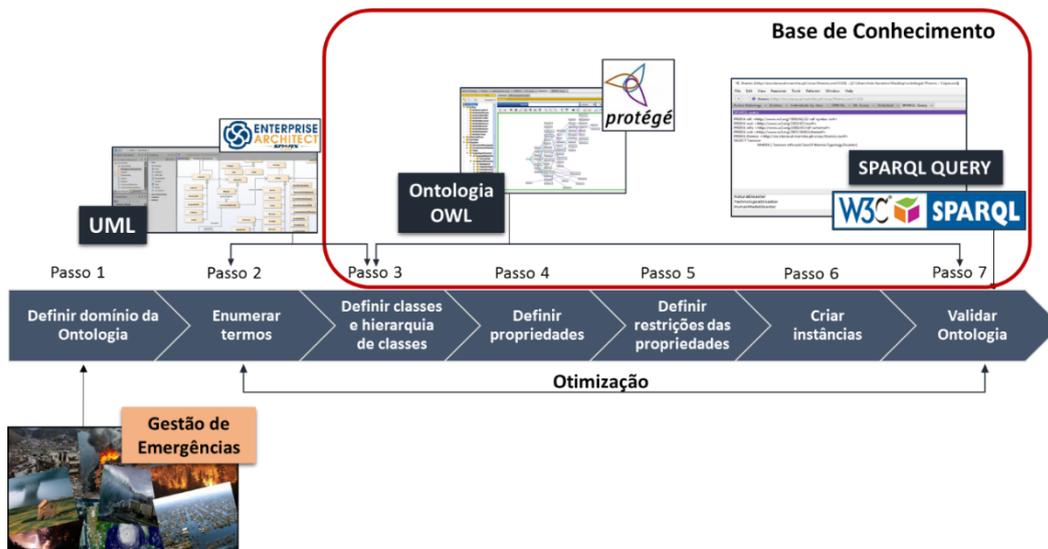


Figura 21 - Metodologia para desenvolvimento da Ontologia

5.2. Desenho e Arquitetura da Base de Conhecimento

Depois de descrito o ambiente em que foi construída a Ontologia, no apêndice B, prossegue-se para uma descrição detalhada da sua construção passo-a-passo, em conformidade com o processo de Noy e McGuinness (2001) e Horridge (2011).

Os passos 1, 2 e parte do 3, encontram-se descritos em 5.2.1., os passos 3, 4, 5 e 6, encontram-se descritos em 5.2.2. O passo 7, é objeto do Capítulo 6.

5.2.1. Aquisição e Representação de Conhecimento

Passo 1: Definir domínio da Ontologia

Como primeiro passo na construção de uma Ontologia, destaca-se a necessidade de definir o seu domínio, resultando com base na pesquisa realizada até então, o domínio da Gestão de Emergências, como parte integrante do THEMIS. Esta tarefa é importante para que haja uma definição comum de vocabulário entre todos os atores envolvidos na Gestão de Emergências e para que sejam definidas as questões que a Ontologia deverá responder (listadas e testadas no Capítulo 6).

Passo 2: Enumerar termos importantes

No segundo passo, pressupõem-se a realização de uma listagem dos termos importantes (*e.g.*, tipos de desastres, atores, recursos), bem como as relações entre eles, para posterior definição de classes, propriedades e instâncias. Estes termos foram

referidos no decorrer do Capítulo 4, bem como alguns listados no anexo D – Glossário de Termos.

Passo 3: Definição de Classes e Hierarquia de Classes

Constitui como terceiro passo a definição das classes e subclasses, que formam a hierarquia de classes. Esta primeira abordagem de hierarquia é denominada taxonomia²³. Para facilitar esta tarefa, recorreu-se a um diagrama de classes UML, para representação de uma ontologia leve, suportado pela ferramenta Enterprise Architect²⁴ (versão 13.5). Através desta, é possível organizar os diversos termos e relações, sem lhes conferir valor (são apenas representadas), de modo a organizar conceptualmente os termos levantados. Estes conceitos e relacionamentos foram transcritos para a linguagem OWL 2 – SROIQ (D) DL, uma linguagem com expressividade elevada e que permite processos de inferência, utilizando a ferramenta Protégé 5.1.0.

A Figura 22 ilustra um excerto da taxonomia representada, utilizando um diagrama de classes UML. A taxonomia completa encontra-se ilustrada no apêndice A.

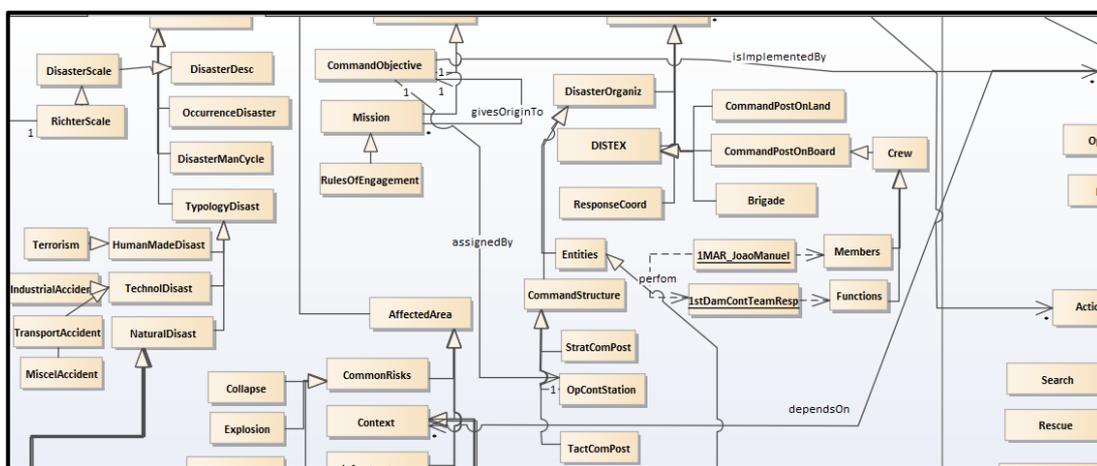


Figura 22 - Excerto do diagrama UML

²³ Uma taxonomia hierárquica é uma estrutura em árvore de classificações para um determinado conjunto de objetos.

²⁴ A Enterprise Architect, é uma plataforma colaborativa de modelagem, design e gestão, baseada em UML 2.5. e padrões relacionados, livre durante 30 dias. Fonte: <http://www.sparxsystems.com/products/ea/downloads.html>, (consultado em julho de 2017). Não foi referida na revisão da literatura, por não constituir o principal foco da presente dissertação.

5.2.2. Arquitetura e Implementação da Base de Conhecimento

Como forma de auxiliar a conceptualização e compreensão dos termos a utilizar e ajudar na construção da hierarquia de classes, primeiro recorreu-se a uma taxonomia através do diagrama UML, como referido em 5.2.1.

Seguidamente, integraram-se esses elementos no editor Protégé 5.1.0, um editor de desenvolvimento de Ontologias OWL, incrementando mais informações recolhida posteriormente.

Passo 3: Definição de Classes e Hierarquia de Classes

Como terceiro passo, definiram-se as classes e a hierarquia adjacente, anteriormente definidas no diagrama UML, embora seja necessário nesta fase, integrá-las no editor de Ontologias Protégé, conferindo-lhes valor, para que retornem novo conhecimento.

Como referido no apêndice B, todas as classes OWL, são interpretadas como instâncias e todas estas classes pertencem à classe *owl:Thing* (superclasse), que pode ser entendida como a classe que representa todos estes indivíduos, constituindo todas as classes, subclasses desta (Horridge, 2011).

Assim, foram criadas na Ontologia *themis* (prefixo selecionado para o espaço de nomes da Ontologia), sete classes principais: *Action*, *AffectedArea*, *Decision*, *Disaster*, *Objective*, *Organization* e *Resource*, subclasses da *owl:Thing*, embora entendidas como superclasses no decorrer do trabalho. É a partir destas superclasses, ilustradas na Figura 23, que se dá início à construção da Ontologia e por conseguinte à Base de Conhecimento.

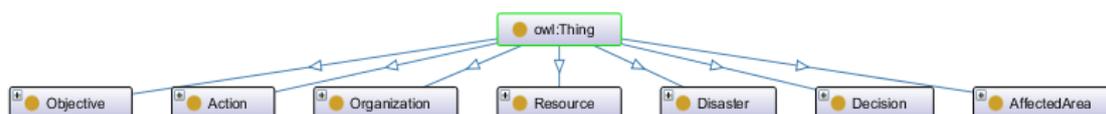


Figura 23 - Superclasses da Ontologia

Todas estas classes possuem classes derivadas, as subclasses, formando então a hierarquia referida, no entanto, devido ao seu elevado número, apenas serão descritas algumas.

Para definir esta hierarquia de classes, estabeleceram-se subclasses com relação estreita com a classe principal, ou seja, apenas subclasses com um perfil semelhante e

que tenham possibilidade de herança estão na dependência direta das classes. Todas as demais ligações entre as classes e subclasses foram estabelecidas por meio de relações.

A Figura 24 ilustra a hierarquia de classes, organizada em árvore no Protégé, com as classes e subclasses principais, que compõem o modelo ontológico proposto para a Gestão de Emergências.

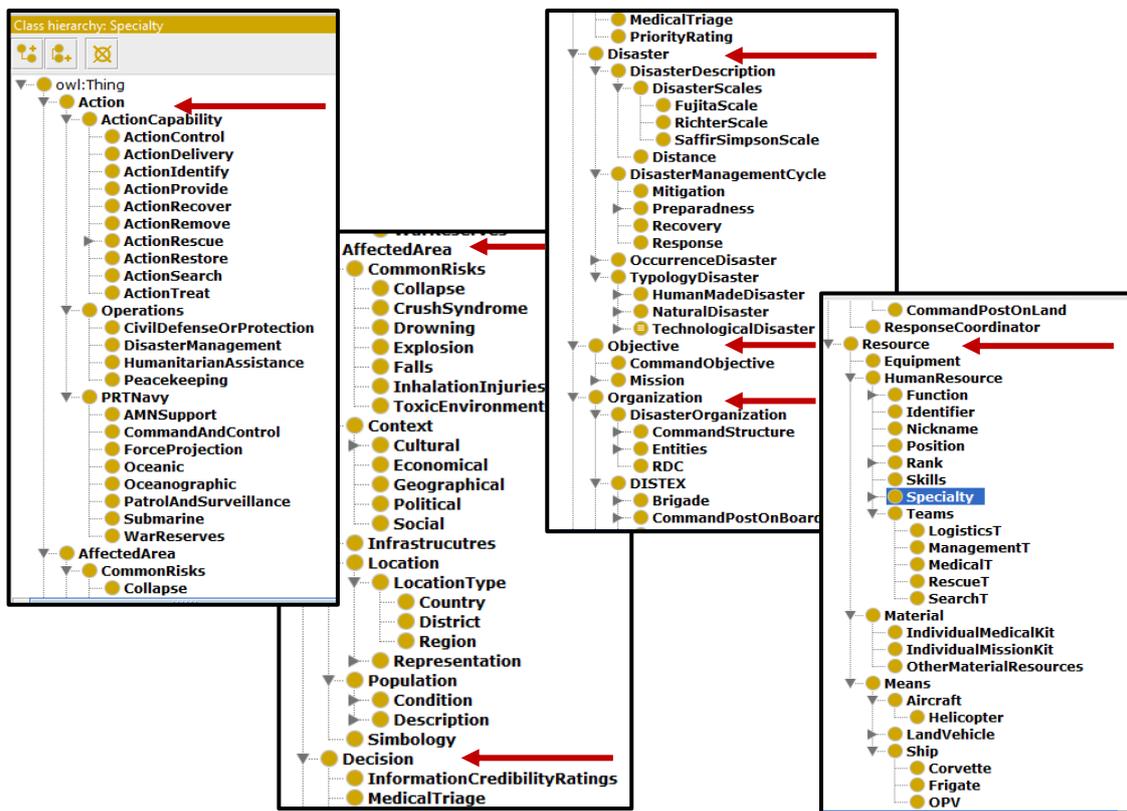


Figura 24 - Hierarquia de Classes

Foram definidas estas sete superclasses, por serem consideradas como elementos cruciais na fase de Resposta, referida em 4.2.3., no âmbito da Gestão de Emergências. De seguida, serão descritas sumariamente as classes e subclasses principais, consideradas mais relevantes para a dissertação de mestrado.

SuperClass *Action*

A classe *Action* (Figura 25), foi definida como superclasse, pois quando existe uma situação de emergência, em que é requerida ajuda, torna-se necessário o conhecimento das ações que são possíveis realizar a diversos níveis, representando esta, atividades de resposta.

Esta classe compreende as subclasses: *ActionCapability*, *Operations* e *PRTNavy*.

ActionCapability: esta subclasse descreve as ações passíveis de serem realizadas pelas equipas, no terreno, como por exemplo, as suas subclasses *ActionControl*, *ActionIdentify*, *ActionProvide*, *ActionSearch*, *ActionRescue*, entre outras, que contêm instâncias que especificam cada ação (e.g., Classe *ActionProvide* → Instância *ActionProvideFood*).

É de salientar a subclasse *ActionRescue* que contém diversas técnicas de resgate que podem ser aplicadas a pessoas e animais, como por exemplo, *CollapseRescue*, *ConfinedSpaceRescue*, *WaterAndIceRescue*, *RopeRescue*, entre outras, cada uma contendo as situações em que são empregues (e.g., Classe *RopeRescue* → Instância *Ravine*).

Operations: esta subclasse contempla algumas operações de maior escala, passíveis de serem atribuídas e executadas por diversas organizações a nível nacional e internacional. Estas operações são as subclasses: *CivilDefenseOrProtection*, *DisasterManagement*, *HumanitarianAssistance* e *Peacekeeping*.

PRTNavy: esta subclasse inclui as subclasses que descrevem algumas competências e deveres da Marinha para com o seu país e com os outros, quando requerido. São subclasses desta classe *AMNSupport*, *CommandAndControl*, *ForceProjection*, *PatrolAndSurveillance*, entre outros.

SuperClasse *AffectedArea*

A classe *AffectedArea* (Figura 26), é considerada superclasse, devido aos diversos elementos associados a esta, por ocasião de uma situação de emergência, sendo necessário lidar com a sua área afetada e com tudo o que isso implica (e.g., população, contexto social, riscos comuns, entre outras).

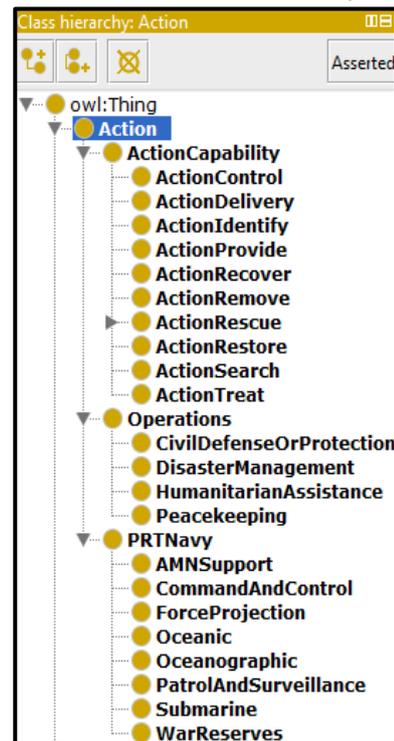


Figura 25 - Classe Action

Esta superclasse abrange as subclasses: *CommonRisks*, *Context*, *Infrastructures*, *Location*, *Population* e *Simbology*.

CommonRisks: esta subclasse descreve através de algumas subclasses, alguns riscos comuns durante uma situação de emergência, como *Collapse*, *Drowning*, *Explosion*, *ToxicEnvironments*, entre outros.

Context: esta subclasse descreve alguns elementos que caracterizam o contexto onde pode ocorrer uma situação de crise, contemplando as subclasses *Cultural*, *Economical*, *Geographical*, *Political* e *Social*. Por exemplo, num contexto cultural islâmico há procedimentos a adotar diferentes de uma cultura cristã (instâncias da classe *Cultural*), ou num contexto geográfico, há procedimentos e cuidados diferentes a adotar se for uma zona de deserto ou uma zona de montanha (instâncias da classe *Geographical*).

Infrastructures: esta subclasse descreve diversas infraestruturas existentes em zonas de desastre, as quais podem necessitar de algum tipo de ajuda, ou onde podem surgir novos riscos, necessitando sempre de avaliação por parte dos engenheiros especializados para o efeito. Esta subclasse contém algumas subclasses como *Airport*, *Bridge*, *Hospital*, *School*, entre outras.

Location: esta subclasse abrange as subclasses *LocationType* e *Representation*, as quais descrevem alguns tipos de localização como *Country*, *District* ou *Region* e as suas formas de representação em mapas, por exemplo (*e.g.*, *Line* ou *Point*).

Population: esta subclasse contempla as subclasses *Condition* e *Description*, em que esta última também poderá ser transformada, posteriormente, em propriedade de dados, pois descreve a idade (*e.g.*, *Adult*, *Baby* ou *Elderly*) e o género (*e.g.*, *Female* e *Male*), que são características de pessoas. A classe *Condition*, que descreve as condições em que as pessoas afetadas se podem encontrar, contempla algumas subclasses como *Death*, *Health*, *Homeless*, *Injured*, *Missing*, entre outras, as quais contêm algumas instâncias

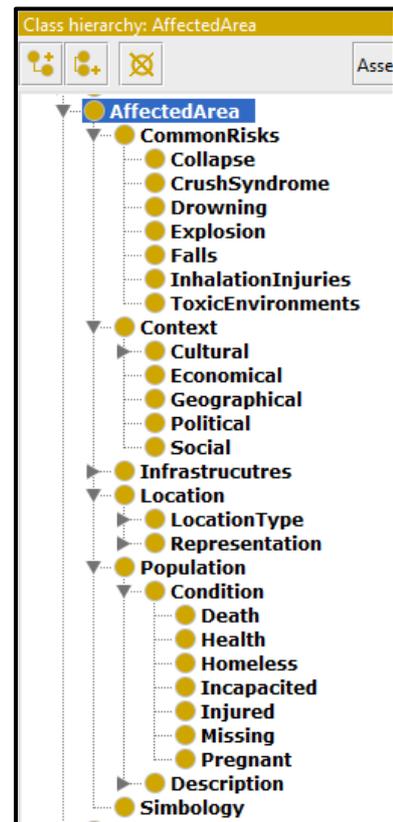


Figura 26 - Classe *AffectedArea*

introduzidas para efeitos de relações com outras instâncias ou classes (e.g., Classe *Missing* → Instância *30_Child*).

Simbology: esta subclasse ainda não está descrita, no entanto é objetivo conseguir associar a simbologia que é apresentada no anexo C.

SuperClasse *Decision*

A classe *Decision* (Figura 27) é superclasse, devido à relevância e extrema importância que acarreta, num cenário de emergência. As subclasses desta classe avaliam algumas situações como credibilidade da informação adquirida, triagem de doentes e prioridade de resposta a um evento. São subclasses desta classe: *InformationCredibilityRatings*, *MedicalTriage* e *PriorityRating*.

InformationCredibilityRatings: esta subclasse avalia a credibilidade das fontes que fornecem a informação, contemplando algumas instâncias para a descrição das mesmas (e.g., *ConfirmedByOtherSources*, *PossiblyTrue*, *Improbable*).

MedicalTriage: esta subclasse descreve a possível triagem de vítimas numa emergência, através das suas instâncias (e.g., *BlackTag*, *GreenTag*, *RedTag*).

PriorityRating: esta subclasse avalia a prioridade de ação, que tanto pode ser associada a vítimas, como a eventos que ocorram com infraestruturas e materiais.

São descritas por meio de instâncias estas prioridades (e.g., *ExtremePriority*, *ModeratePriority*, *LowPriority*).

De salientar que o significado de cada elemento de avaliação, encontra-se nas *Annotations*, sob formato de comentário (e.g., Instância *RedTag* → *rdfs:comment* “Are used to label those who cannot survive without immediate treatment but who have a chance of survival.”).

SuperClasse *Disaster*

A superclasse *Disaster* (Figura 28), à semelhança da superclasse *Resource*, são as que mais subclasses contemplam. *Disaster*, é uma classe que se dedica a descrever o que de específico existe sobre os desastres em si, como a tipologia, ciclo de resposta,

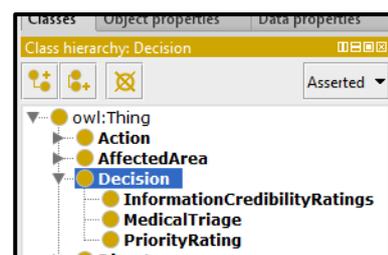


Figura 27 - Classe *Decision*

descrição, entre outras. Compreende as subclasses *DisasterDescription*, *DisasterManagementCycle*, *OccurrenceDisaster* e *TypologyDisaster*.

DisasterDescription: esta subclasse contém algumas descrições do desastre, apesar da descrição específica, de duração, localização, entre outras ser contemplada pelas propriedades de dados. Esta subclasse compreende outras duas subclasses, a *DisasterScales*, onde contempla algumas escalas como a de *Richter* (que contempla as instâncias que caracterizam os seus níveis de desastre) e a *Fujita*. Também possui outra subclasse *Distance*, com as instâncias *CloseAccident*, *FarAccident* e *VeryFarAccident*, que posteriormente foram relacionadas com recursos e eventos.

DisasterManagementCycle: esta subclasse contempla as subclasses referentes ao ciclo de resposta a desastres da FEMA, já referida no Capítulo 4, contendo na classe *Preparadness*, outras subclasses que descrevem ações de treino para as equipas.

OccurrenceDisaster: esta subclasse descreve alguns eventos que podem ocorrer após um desastre, como por exemplo as subclasses *Accident*, *InterventionInLegalConflict*, *TransportationFire*, entre outras.

TypologyDisaster: esta subclasse descreve todos os tipos de desastre classificados pela EM-DAT e pela ANPC, em variadas subclasses, como por exemplo *HumanMadeDisaster*, *NaturalDisaster*, *Technological Disaster*, que por sua vez contém outras subclasses como *Terrorism*, *Geophysical* e *MiscellaneousAccident*.

SuperClasse *Objective*

A superclasse *Objective* (Figura 29) é a classe menos desenvolvida nesta Ontologia, embora seja uma classe com grande potencial para ser expandida no futuro. Compreende as subclasses *CommandObjective* e *Mission*.

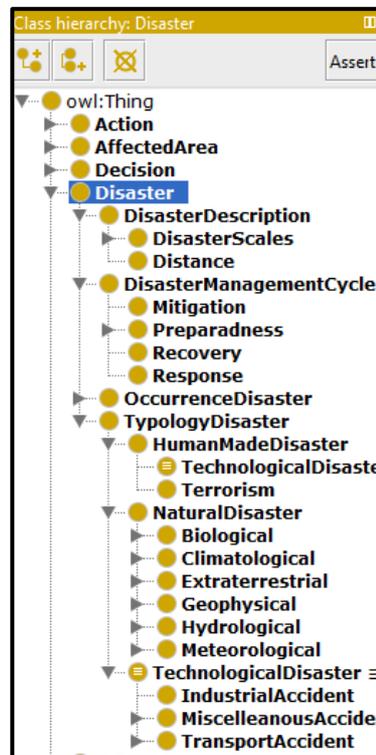


Figura 28 - Classe *Disaster*

Estas subclasses são mais relevantes pelas relações que terão com outras classes, do que com o seu próprio conteúdo (posteriormente, serão ilustradas as relações). A subclasse *Mission* contempla outra subclasse *RulesOfEngadgement*, das quais as Forças Armadas dependem em certo tipo de missões.



Figura 29 - Classe *Objective*

SuperClasse *Organization*

A superclasse *Organization* (Figura 30) relata toda a informação sobre os participantes, bem como a sua organização, em situações de emergência. Esta encontra-se dividida em três subclasses: *DisasterOrganization*, *DISTEX* e *ResponseCoordinator*.

DisasterOrganization: esta subclasse contém outras três subclasses *CommandStructure*, *Entities* e *RDC*. A subclasse *CommandStructure* descreve os postos de comando e intervenientes nos mesmos, por ocasião de um desastre, como *OperationalControlStation*, *StrategicCommandPost* e *TacticalCommandPost* (estes comandos subdividem-se, através de instâncias, consoante a extensão da área que é necessário cobrir, por exemplo a instância *Sub-OSOCC_A*, bem como as entidades que podem intervir numa situação desta natureza (e.g., *ArmedForces*, *GO*, *NGO*).

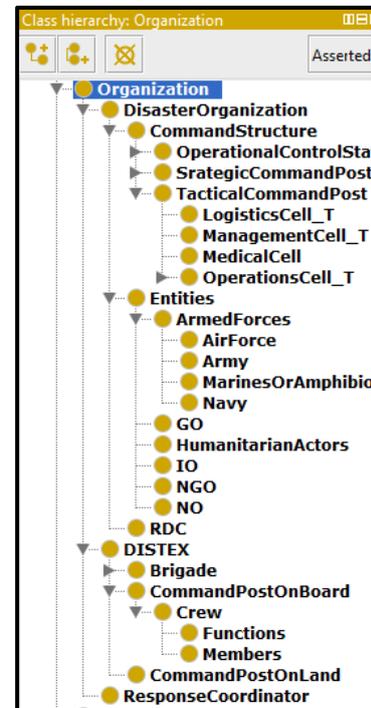


Figura 30 - Classe *Organization*

DISTEX: esta subclasse descreve em específico, a estrutura do exercício de gestão de desastres que ocorre na Marinha Portuguesa, contendo algumas subclasses como *Brigade*, *CommandPostOnBoard* e *CommandPostOnLand*. A subclasse *CommandPostOnBoard*, o chamado *PCB* (instância desta classe) em Portugal, contempla ainda a subclasse *Crew*, que descreve os membros e as suas funções dentro de um navio, quando ocorre uma situação de emergência, relacionadas com outras classes (referido adiante).

ResponseCoordinator: esta subclasse tem como finalidade a descrição do coordenador de ação, podendo ser nacional ou internacional, civil ou militar por exemplo, dependendo do nível de conflitualidade do país. É suposto ser adicionada a esta subclasse, algumas propriedades de dados que caracterizam esta mesma situação, no entanto, quando adicionadas diversas propriedades de dados, o *reasoner* Hermit, demora algumas horas a fazer a inferência, pelo que foram adicionadas poucas propriedades desta natureza, apenas algumas para dar o exemplo.

SuperClasse *Resource*

Por último, a superclasse *Resource* (Figura 31), com diversas subclasses, como referido anteriormente, tem como objetivo enumerar os diversos recursos existentes para determinada ação. Contempla as subclasses: *Equipment*, *HumanResource*, *Material* e *TransportationMeans*.

Equipment: esta subclasse contempla diversas instâncias, exemplos de equipamentos utilizados no terreno, numa operação de emergência (e.g., *walkietalkie*, *GPSEquipment*).

HumanResource: esta subclasse compreende outras subclasses que caracterizam os recursos humanos passíveis de serem utilizados numa situação de crise, como por exemplo *Function*, *Rank*, *Skills*, *Speciality* ou *Teams*. De referir que a subclasse *Skills* contempla diversas instâncias com tipos de capacidades necessárias por parte dos atores e a subclasse *Speciality*, contempla diversas subclasses com variadas especialidades necessárias em diversas situações que podem surgir, como *LiaisonOfficer*, *HazmatSpecialist*, *Firefighter*, entre outros.

Material: esta subclasse compreende as subclasses *IndividualMedicalKit*, *IndividualMissionKit* (kit médico e

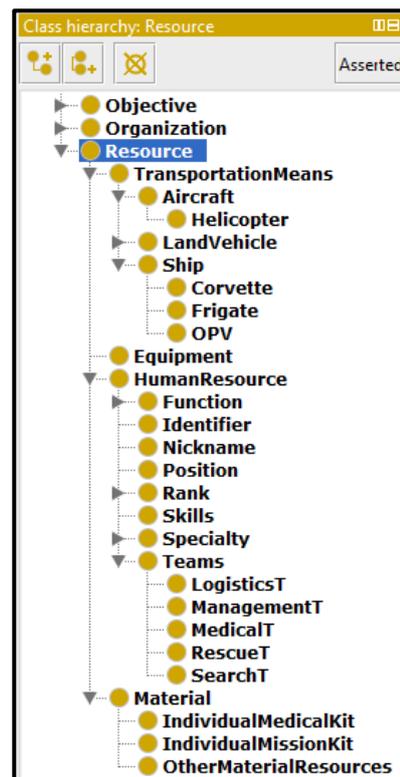


Figura 31 - Classe Disaster

kit individual que todos os atores envolvidos em resgate e salvamento de pessoas e bens

devem ter) e *OtherMaterialResources*. As três subclasses possuem diversas instâncias de material necessário de uso individual, ou uso para outros fins.

TransportationMeans: esta subclasse enumera diversos tipos de transportes necessários para o combate, vigilância, transporte, entre outras situações de perigo. Contempla as subclasses *Aircraft*, *LandVehicle* e *Ship*, as quais abrangem diversos tipos de veículos dentro de cada subclasse (e.g., *Frigate*, *Helicopter*, *Ambulance*).

5.2.3. Documentação das Classes

Relativamente à informação associada a cada classe, ao selecionar uma das classes, como por exemplo, a classe *MedicalDoctor*, ilustrada na Figura 32, a janela *Description* é aberta e é possível visualizar a descrição da classe. Esta descrição representa, todos os indivíduos que são instâncias dessa classe, de que classes esta classe é subclasse. Neste caso em concreto, a classe selecionada, é subclasse de *Speciality* e contém uma

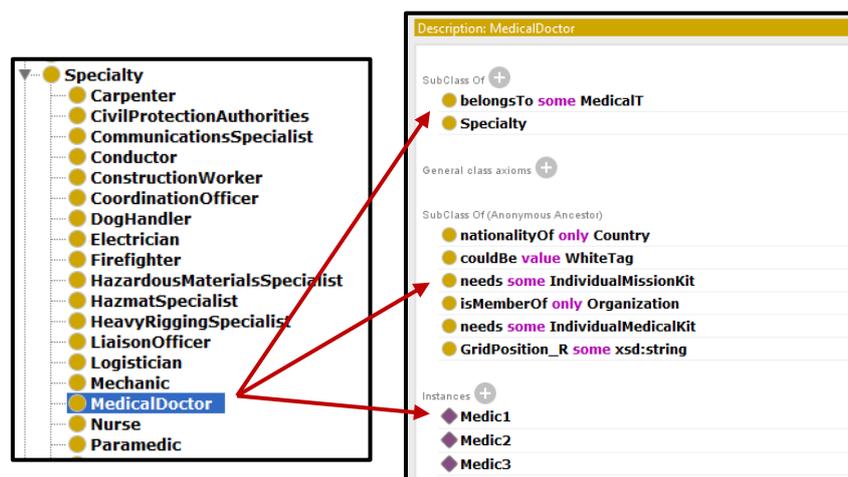


Figura 32 - Construção da classe *MedicalDoctor*

propriedade *belongsTo* e restrição existencial que a faz pertencer à *MedicalIT*, ou seja, *MedicalDoctor*, tem pelo, menos uma instância que se relaciona com pelo menos uma instância da *MedicalIT*. São ainda instâncias desta classe *Medic1*, *Medic2* e *Medic3*, que por inerência pertencem à classe *Speciality*, superclasse de *MedicalDoctor*.

Verifica-se ainda que as classes herdam condições das outras classes relacionadas (*Anonymous Ancestor*), como por exemplo, *MedicalDoctor isMemberOf only Organization*. Esta condição é herdada, pois foi adicionada à classe *HumanResource*, que está na direta hierarquia de *MedicalDoctor*, ou seja, as instâncias desta classe, através da propriedade de objeto *nationalityOf*, só se podem relacionar com a classe *Country*.

Outra característica que pode ser adicionada a uma classe são classes equivalentes. Estas classes possuem as mesmas instâncias, ou seja, as classes são sinónimas. A Figura 33 ilustra um exemplo desta condição.

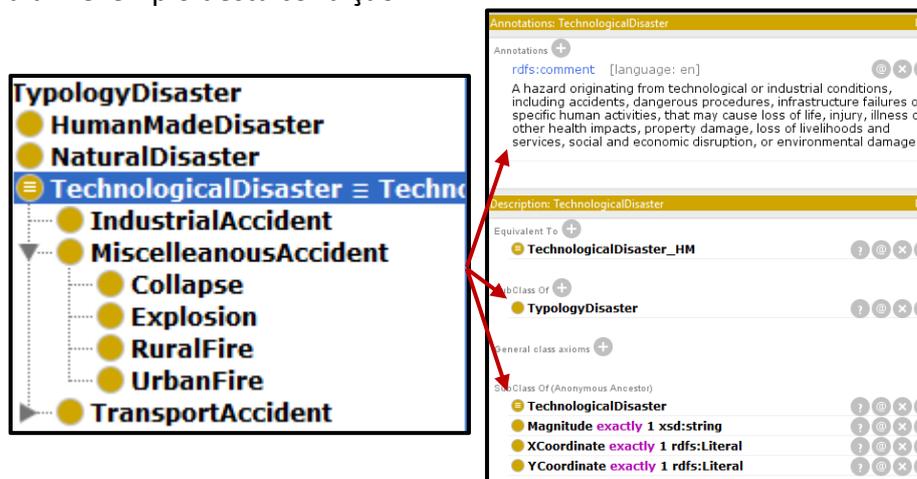


Figura 33 - Construção da classe *TechnologicalDisaster*

Observa-se na janela *Description*, que a classe *TechnologicalDisaster* é *Equivalent To* à classe *TechnologicalDisaster_HM*. A razão para se ter criado esta condição, deve-se ao facto, de todos os desastres tecnológicos poderem ocorrer de forma acidental, mas também por mão intencional do Homem, como por exemplo, fogos em zonas urbanas (subclasse de *TechnologicalDisaster*).

Neste exemplo também foi adicionada uma anotação, com a explicação do que é um desastre tecnológico e possíveis consequências, retirada da UNISDR (2009).

Mais uma vez, a classe herdou condições das outras classes, sendo este um exemplo diferente, demonstrando que podem ser adicionadas propriedades de dados às classes. Uma das propriedades de dados adicionada, é *XCoordinate exactly 1 rdfs:Literal*, que quer dizer que às instâncias desta classe, pode ser adicionada apenas uma coordenada X (*exactly 1*).

Por último, abordando outra condição também utilizada nas classes da Ontologia, embora poucas vezes adicionada devido à relação entre variadas instâncias entre

classes, são as classes *Disjoint*. Um exemplo desta condição é a classe *AirAccident* *Disjoint With: WaterAccident, RoadAccident e RailAccident*, ilustrado na Figura 34.

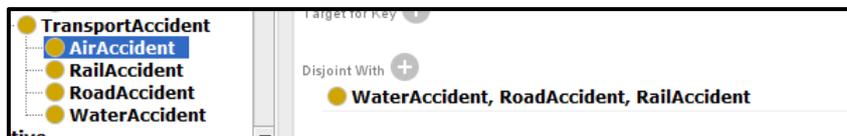


Figura 34 - Classes Disjoint

Passo 4: Definição de Propriedades

Como quarto passo, pressupõem-se a definição das propriedades, podendo estas ser de objetos ou de dados, recorrendo à ferramenta Protégé 5.1.0, permitindo estas relações entre conceitos. Estas propriedades são necessárias para que seja possível, posteriormente a consulta SPARQL, pois é esta propriedade, o predicado que liga um conceito a outro, ou seja, é o terceiro elemento do triplo RDF.

A Figura 35 ilustra as propriedades de objetos criadas.

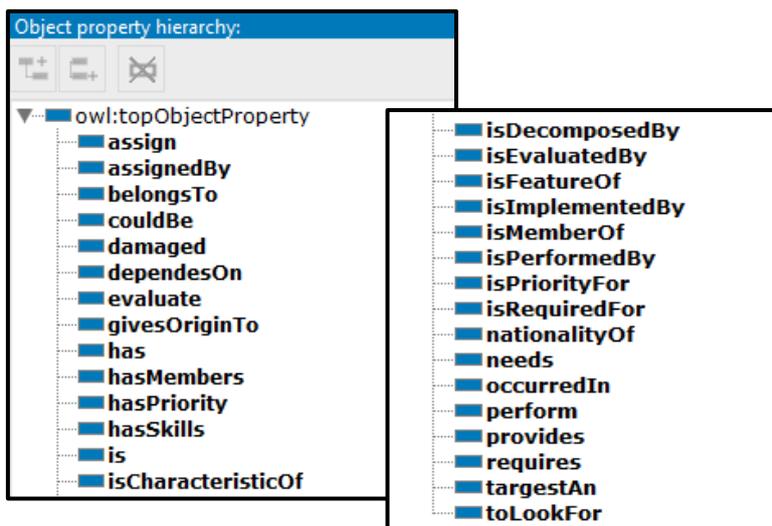


Figura 35 - Árvore de propriedades de objetos

No total, foram criadas 30 propriedades de objetos, 14 propriedades assimétricas, 7 propriedades simétricas, 1 propriedade funcional e 2 propriedades transitivas, restando as propriedades inversas, que herdaram as características da inversa. A escassez de propriedades transitivas, deve-se ao facto da sua natureza relacionar mais do que um conceito, o que no processo de inferência poderá gerar resultados pouco fiáveis.

Para a criação destas propriedades, era suposto a definição do domínio (*Domain*) e do alcance (*Range*), no entanto, algumas propriedades relacionam-se com mais do que uma classe, e o Protégé considera a interseção entre essas classes, o que nem sempre

ocorre. Por conseguinte, ao invés de serem definidas essas condições, foram definidas manualmente, uma a uma, as condições que satisfaziam cada classe e instância, quando era necessária a introdução de uma propriedade para formar uma relação.

Devido ao elevado número de relações entre as propriedades e as classes e indivíduos, não é descrita exhaustivamente cada relação, mas apresenta-se uma tabela com a descrição destas relações (Tabela 4). Esta tabela é apenas um excerto da tabela que se encontra no apêndice C.

De referir que a organização das entradas na tabela, se encontram por ordem alfabética, tal como ocorre na ferramenta Protégé, e que os conceitos podem ser classes ou instâncias, estando a negrito as instâncias.

Tabela 4 - Descrição das propriedades de objetos e relações

Conceito A	Propriedade do Objeto	Inversa de/ Característica	Conceito B	Obs
CommandObjective	assignedby	assign Assimétrica	OperationalControlStation	Esta propriedade é atribuída pelo conceito A ao conceito B.
TechnicalSearchSpecialist1			TacticalCommandPost	
			ExtremePriority	
CommandPostOnLand	belongsTo	has Assimétrica	Organization	Esta propriedade determina que o conceito A pertence ao conceito B.
CommandPostOnBoard				
Brigade				
OperationalControlStation				
TacticalCommandPost				
StrategicCommandPost				
1MAR_JoaoManuel			BartolomeuDias	
Medic1			MedicalTeam1	
MedicalDoctor			MedicalT	
Nurse				
Paramedic				
Physician				
Psychologist				
HumanResource	couldBe	Simétrica	WhiteTag	Esta propriedade determina que o conceito A pode vir a ser o conceito B, neste caso, se a Joana for considerada bem de saúde, pode ajudar com as suas capacidades.
Joana			Nurse	
WhiteTag			HumanResource	

Earthquake1	damaged	Assimétrica	AlmadaSchool	Esta propriedade determina que o conceito A danificou o conceito B.
Action	dependsOn	Assimétrica	Context	Esta propriedade determina que o conceito A depende do Conceito B.
ArmedForces			RulesOfEngagement	

Relativamente à construção das relações através das propriedades de objetos, são introduzidas na janela *PropertyAssertions* quando entre instâncias e na janela *Description* quando entre classes. A Figura 36 ilustra estes dois casos.

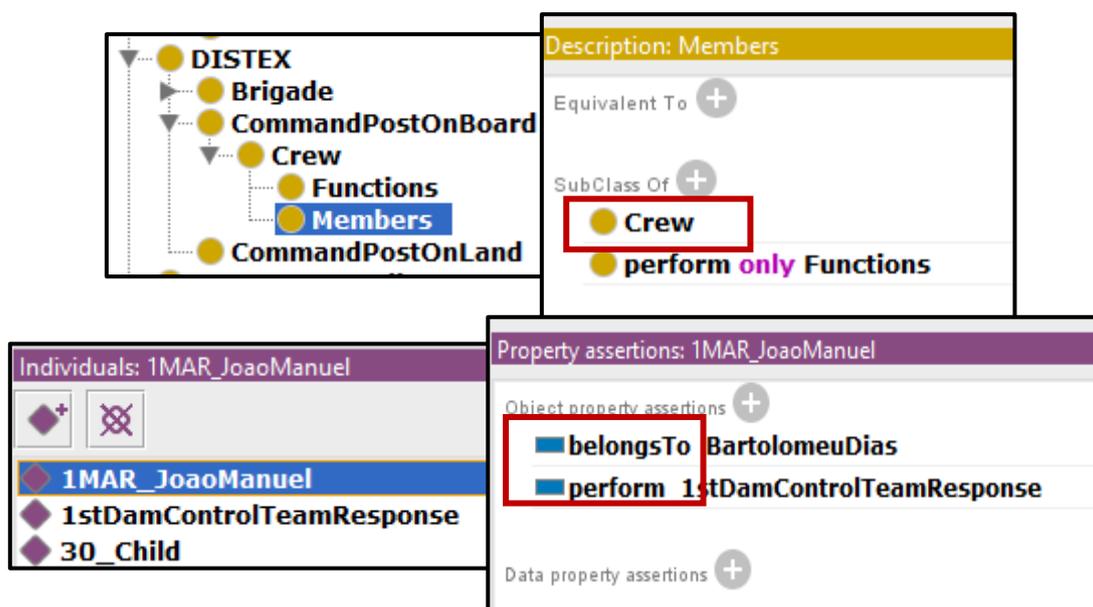


Figura 36 - Propriedades de objetos

Verifica-se que foi adicionada à classe *Members* a condição *perform only Functions*, ou seja, os indivíduos de *Members*, através da propriedade *perform*, só se podem relacionar com os indivíduos da classe *Functions*, devido à restrição universal *only*.

Verifica-se também que foi adicionada à instância *1MAR_JoaoManuel*, as propriedades *belongsTo* e *perform*, relacionando-a com as instâncias *BartolomeuDias* e *1stDamControlTeamResponse*, respetivamente.

A Figura 37 ilustra as mesmas relações acima criadas e implementadas na Ontologia, no OntoGraf.

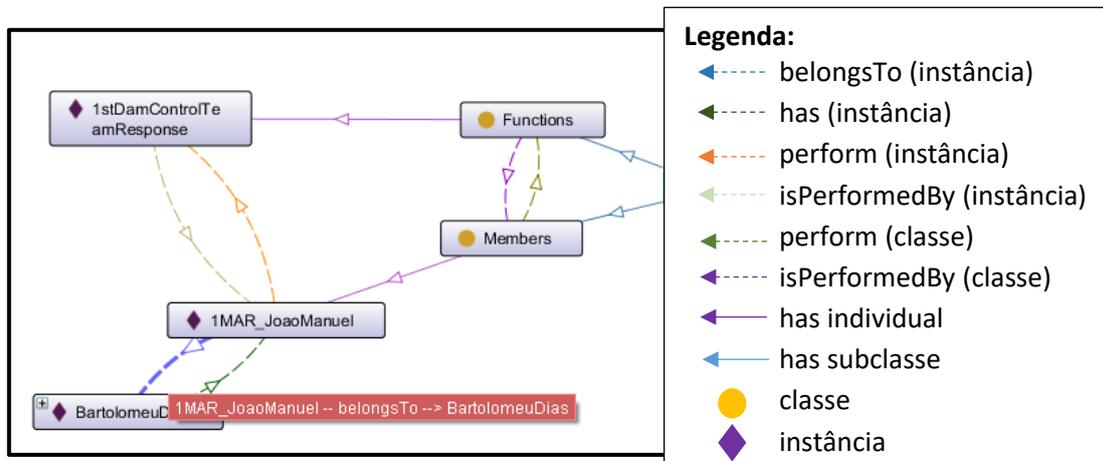


Figura 37 - Visualização das relações no OntoGraf

É de referir, que as propriedades transitivas (*hasSkills* e *requires*) relacionam as classes que por vezes não têm de se relacionar, sendo que no processo de inferência, o *reasoner* Hermit, infere algumas verdades que não são absolutas, tendo o utilizador de estar atento a estes pormenores.

Seguidamente, seguem-se algumas figuras do OntoGraf com uma legenda de exemplo pois cada modelo no OntoGraf tem a sua respetiva legenda associada, que ilustram relações entre classes e instâncias.

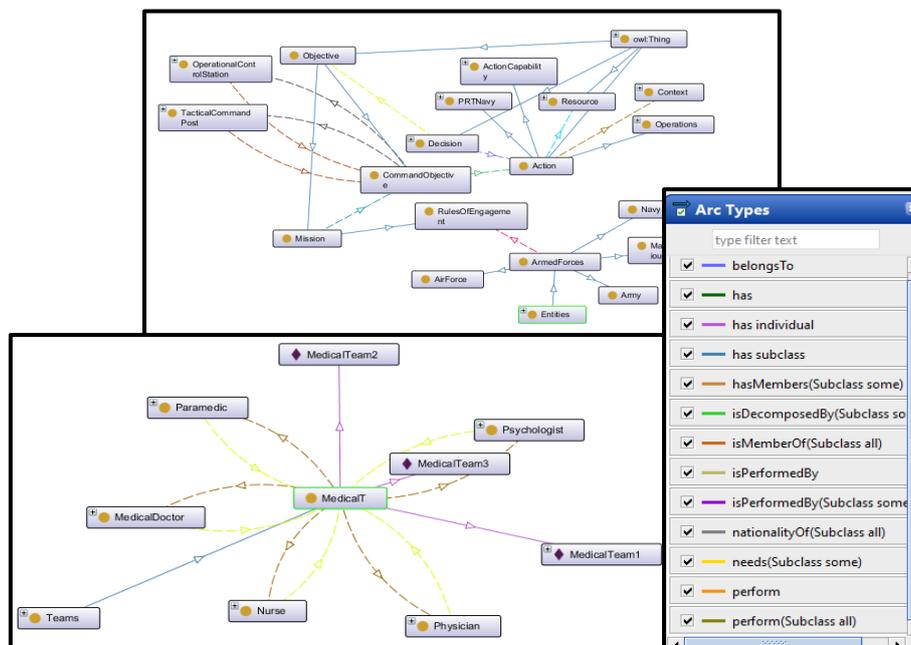


Figura 38 - Visualização das relações no OntoGraf

É de salientar que na ferramenta OWL VIZ apenas é possível observar as relações de herança *is_a*, como na Figura 39.

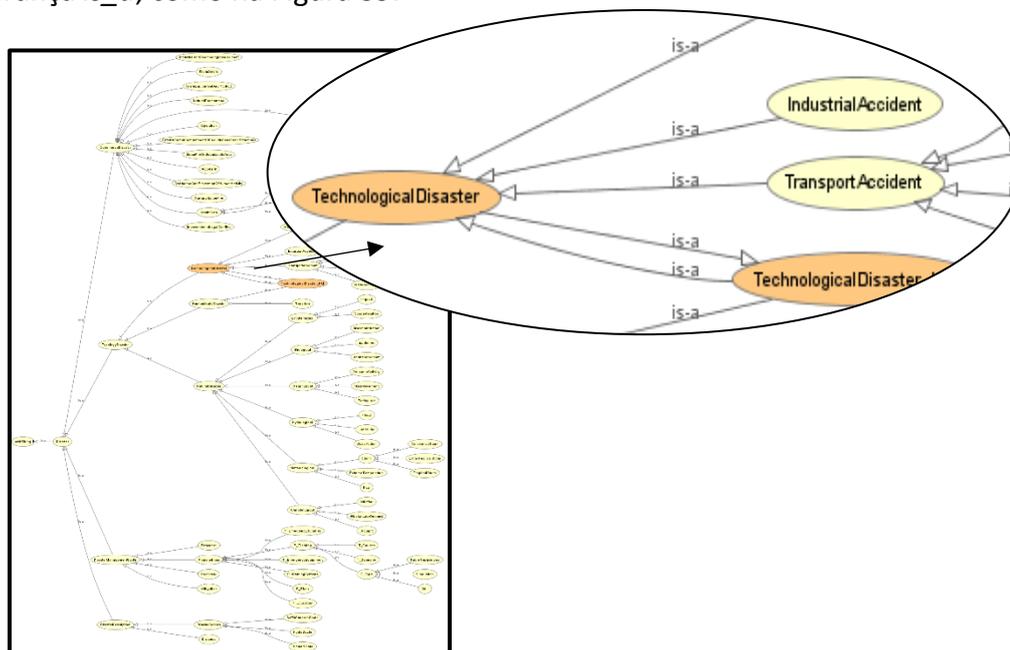


Figura 39 - Visualização das classes e heranças no OWL VIZ

Após a criação das propriedades dos objetos é necessário criar as propriedades dos dados. Foram criadas 34 propriedades de dados, ilustradas na Figura 40, embora só algumas tenham sido relacionadas com classes ou objetos, pois quando o *reasoner* HerMiT faz a inferência, o processo torna-se moroso, podendo levar algumas horas.

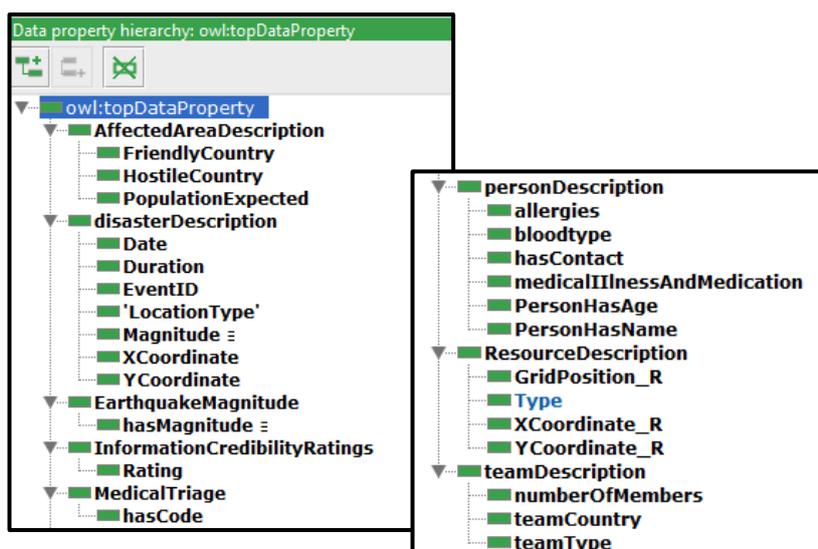


Figura 40 - Árvore de propriedades de dados

Relativamente à construção das propriedades de dados, é ilustrado nas Figuras 41 e 42, como adicioná-las e relacioná-las a classes e instâncias.

No caso das classes, é adicionada a condição no mesmo separador *SubClassOf*, que no caso ilustrado, atribui à classe *Resource* a propriedade de dados *GridPosition_R* *some* no formato *xsd:string*, ou seja, a classe que descreve os recursos e as suas subclasses, têm a característica de posição de grade. Num mapa, esses recursos podem ser localizados por uma posição *B3*, por exemplo, que foi a propriedade adicionada à instância *Firefighter1*. Verifica-se ainda que, quando se observa a Ontologia no OntoGraf, é possível, ao clicar na classe ou instância que se pretende, ver as propriedades de dados associadas.

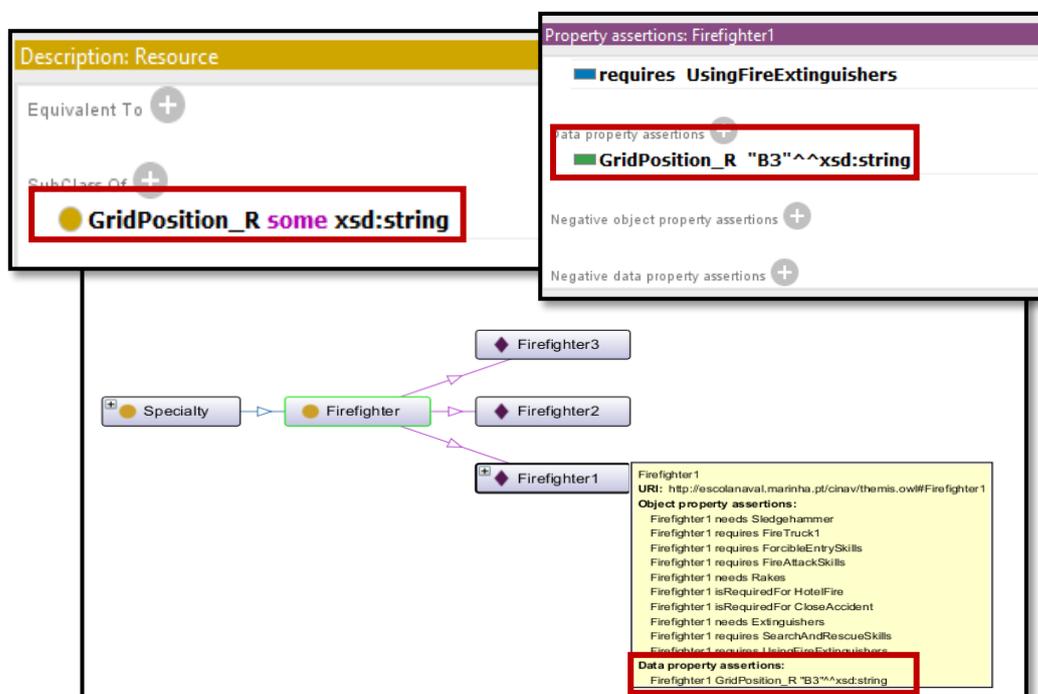


Figura 41 - Criação de instâncias

Outro exemplo é ilustrado na Figura 42, e neste caso, com a restrição de cardinalidade *exactly 1* associada às propriedades de dados *XCoordinate* e *YCoordinate*, atribui à classe *TypologyDisaster* e *Earthquake1*, uma posição de coordenadas X e Y. No caso da instância, foram adicionados os dados *XCoordinate -8.14* que significa uma **longitude** para Oeste e *YCoordinate 39.9* que significa uma **latitude** Norte, no formato *rdfs:Literal*.

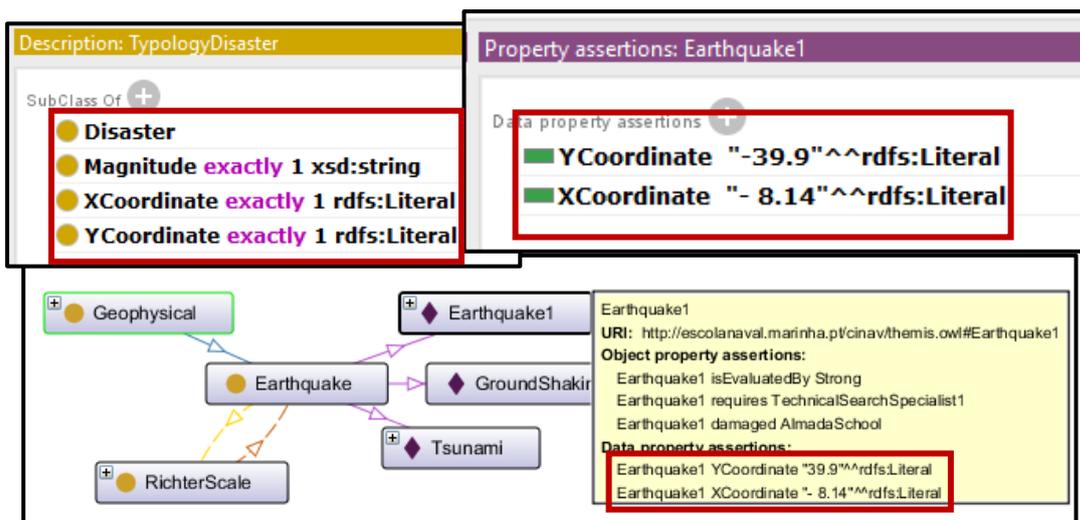


Figura 42 - Criação de instâncias

A tabela 5 descreve algumas propriedades de dados, conceitos associados e uma descrição sumária dessa propriedade, embora só algumas tenham sido relacionadas com classes e instâncias, pelo motivo anteriormente referido.

No entanto, foi elaborada outra tabela, demonstrada no apêndice D, que contempla as classes criadas, bem como a proposta de algumas relações entre estas e conceitos.

Tabela 5 – Descrição das propriedades de dados e relações

Conceito A	Propriedades dos Dados	Observação	Tipo
TypologyDisaster: Earthquake1	DisasterDescription: Magnitude	N/D	xsd: string
	XCoordinate	Atribui a longitude - 8.14 ao Conceito A.	rdfs:Literal
	YCoordinate	Atribui a latitude 39.9 ao Conceito A.	rdfs: Literal
Great	EarthquakeMagnitude: hasMagnitude	Atribui a magnitude [$\geq 8, \leq 8.9$] ao Conceito A.	xsd: string
GreaterOrEpic		Atribui a magnitude [≥ 10] ao Conceito A.	
Light		Atribui a magnitude [$\geq 4, \leq 4.9$] ao Conceito A.	
Major		Atribui a magnitude [$\geq 7, \leq 7.9$] ao Conceito A.	
Micro		Atribui a magnitude [$\geq 1, \leq 1.9$] ao Conceito A.	
Minor		Atribui a magnitude [$\geq 2, \leq 3.9$] ao Conceito A.	
Moderate		Atribui a magnitude [$\geq 5, \leq 5.9$] ao Conceito A.	
Strong		Atribui a magnitude [$\geq 6, \leq 6.9$] ao Conceito A.	

ConfirmedByOtherSources	InformationCredibilityRatings: Rating	Atribui o rating 1 ao Conceito A	xsd: string
Doubtful		Atribui o rating 4 ao Conceito A.	
Improbable		Atribui o Rating 5 ao Conceito A.	
PossiblyTrue		Atribui o rating 3 ao Conceito A.	
ProbablyTrue		Atribui o rating 2 ao Conceito A.	
TruthCannotBeJudged		Atribui o rating 6 ao Conceito A.	
BlackTag	MedicalTriage: hasCode	Atribui o código Expectant ao Conceito A	xsd: string
GreenTag		Atribui o código Wait ao Conceito A	
RedTag		Atribui o código Immediate ao Conceito A	
WhiteTag		Atribui o código Dismiss ao Conceito A	
YellowTag		Atribui o código Observation ao Conceito A	
Firefighter1	ResourceDescription: GridPosition_R	Atribui a GridPosition_R B3 ao Conceito A	xsd: string
	Type	N/D	
	XCoordinate_R	N/D	
	YCoordinate_R	N/D	

Passo 5: Criação de restrições suplementares das propriedades (axiomas)

Este passo foi executado sempre que possível, durante toda a construção da Ontologia. Estas restrições são mencionadas na descrição dos outros passos, pelo que não será efetuada uma descrição exaustiva das mesmas. Como já foi referida, as restrições utilizadas nesta Ontologia, são as existenciais (*some*), universais (*only*) e as de cardinalidade (*exactly 1*) e podem ser adicionadas às propriedades de objetos e às propriedades de dados. As relações existenciais são por norma as mais utilizadas e esta Ontologia, não foge à regra, pois faz sentido que pelo menos uma instância se relacione com outra, ao invés de restringir que determinada instância se relacione apenas com outra ou exatamente com X instâncias.

A Figura 43 ilustra algumas restrições utilizadas.

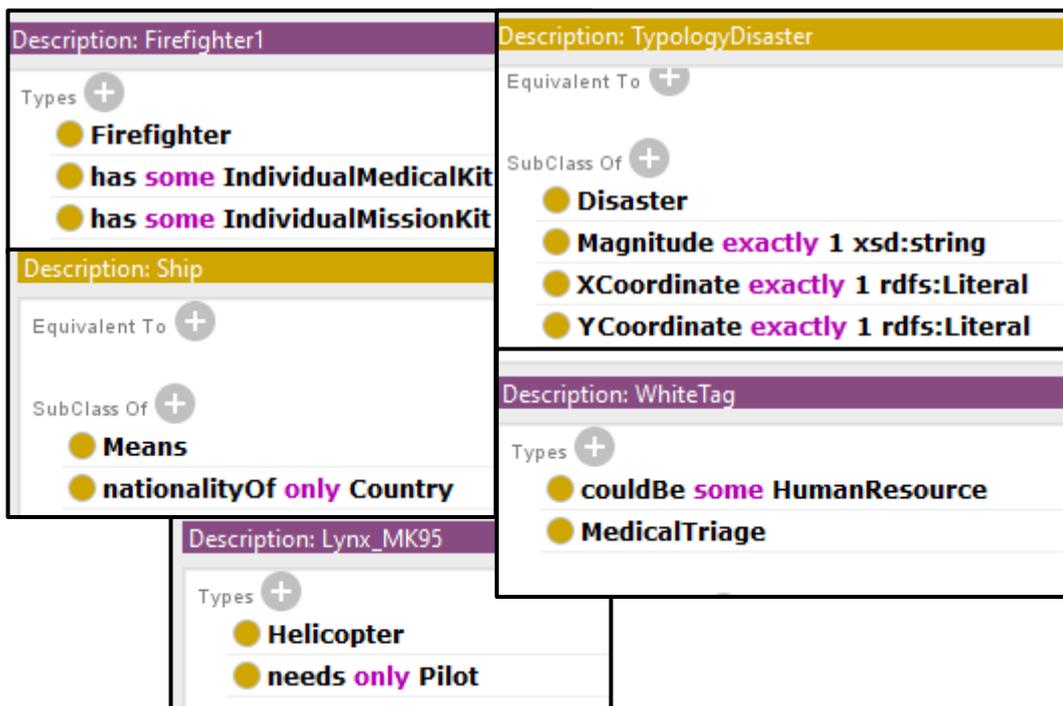


Figura 43 - Restrições

Passo 6: Criação de Instâncias

Como sexto e último passo da criação e desenvolvimento de uma Ontologia, é pressuposta a criação das instâncias (indivíduos), pertencentes às classes.

Devido ao seu elevado número, cerca de 358 instâncias distribuídas por um leque variado de classes, não são descritas todas as instâncias. No entanto, a tabela 6, dá alguns exemplos das instâncias introduzidas manualmente, na ferramenta Protégé.

Tabela 6 - Relação de instâncias por classe

Classe	Observação
Action	As subclasses desta classe referem-se, todas, a ações efetuadas na ocorrência de Assistência Humanitária, contendo um total de 43 instâncias, que refletem situações específicas de necessidade das populações. São exemplos de instâncias: <i>RestoreDistributionOfEnergy</i> , <i>ActionProvideMedicalSupport</i> , <i>IdentifyRiskAssessment</i> , <i>ActionRecoverBasicInfrastructures</i> , entre outras.
AffectedArea	As subclasses, da classe <i>AffectedArea</i> , referem-se à área afetada pela emergência em curso, perfazendo um total de 28 instâncias, relacionadas com os riscos comuns existentes, o contexto onde se deu a situação de emergência, infraestruturas existentes, localização e população. São exemplos de instâncias: <i>BuildingExplosion</i> , <i>Islam</i> , <i>MediterraneanRegions</i> , <i>AlmadaSchool</i> , <i>Portugal</i> , <i>Female</i> , entre outros.
Decision	Esta classe, apenas com três subclasses referentes a critérios de decisão para ocorrer uma situação de necessidade, contem 17 instâncias, que caracterizam estes critérios relacionados com pessoas, ocorrências diversas

	e credibilidade da informação adquirida. São exemplos de instâncias: <i>ExtremePriority, LowPriority, BlackTag, RedTag, PossiblyTrue</i> , entre outras.
Disaster	A classe <i>Disaster</i> é a classe que possui mais instâncias, cerca de 142. Estas exemplificam tipos de desastres, magnitudes de terremotos, critérios de distância, cursos de preparação de resposta a um desastre, ocorrências comuns após um desastre, vacinação necessária. São exemplos de instâncias: <i>GreaterOrEpic, CloseAccident, RopeRescue_TC, hepatitisA, LavaFlow, HotelFire, Bombing</i> , entre outras.
Organization	A classe <i>Organization</i> possui subclasses referentes aos elementos participantes na organização de uma situação de emergência, contendo 9 instâncias, que exemplificam estes mesmos elementos e funções. São exemplos de instâncias: <i>Sub-OSOCC_A, Nurse, PCB, 1MAR_JoaoManuel, 1stDamControlTeamResponse</i> , entre outras.
Resource	A classe <i>Resource</i> compreende 119 instâncias. Este número elevado deve-se à quantidade de instâncias presentes nas subclasses <i>Skills</i> e <i>Material</i> , ou seja, instâncias que exemplificam capacidades requeridas, material necessário e também meios e equipamentos. São exemplos de instâncias: <i>Laptop, AdvancedLifeSupportSkills, FireAttackSkills, NBQSkills, Firefighter1, FeverAndPainMedication, Helmet, Lynx_MK95, FireTruck1, AlvaresCabral</i> , entre outras

A Figura 44 demonstra algumas das instâncias criadas, em árvore.

Não foram introduzidas instâncias em todas as classes. No entanto, foram introduzidas as necessárias para que haja bons exemplos de relações inferidas, referidas adiante.

Relativamente à criação destes indivíduos, no editor da Ontologia, ao clicar em cada um, abre a janela *Description*, onde é possível observar as características deste indivíduo, bem como a classe a que pertence e as instâncias semelhantes (*Same Individual As*).

Abre também outra janela *Property Assertions*, onde se verificam as propriedades de objeto e de dados, relacionadas com este indivíduo.



Figura 44 - Árvore de instâncias

A Figura 45 ilustra as instâncias semelhantes criadas como exemplo, ou seja a a instância *Derailment* é a mesma instância *RailwayDerailmentAccident*, deste modo

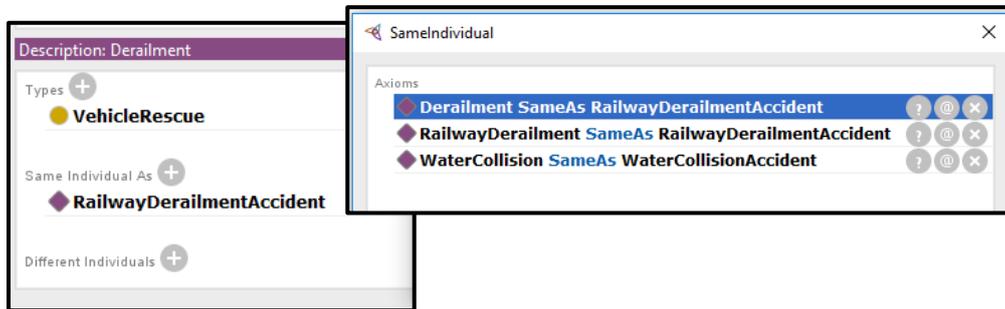


Figura 45 - Classes semelhantes

quando há o processo de inferência, o motor admite que estas duas instâncias são a mesma.

A Figura 46 representa a instância *Firefighter1*, cuja janela *Description*, dá a informação que pertence à classe *Firefighter* e tem restrições *has some IndividualMedicalKit* e *has some IndividualMissionKit*. Verifica-se ainda, na sua janela

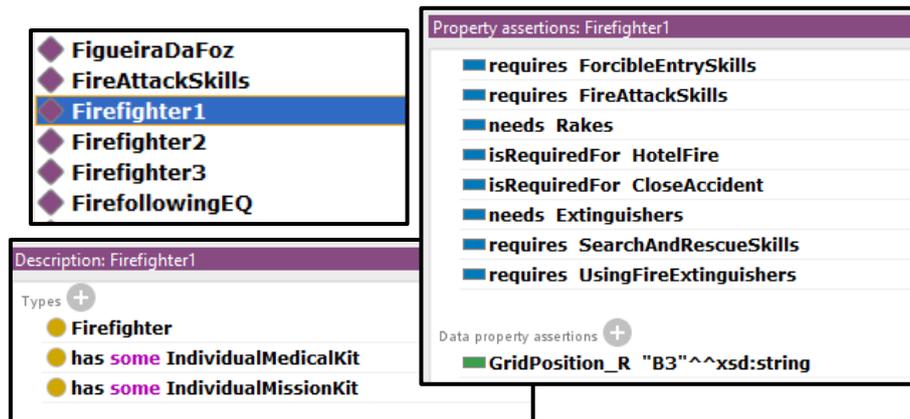


Figura 46 - Exemplo de propriedades nas instâncias

Property assertions que possui diversas relações com as propriedades *requires*, *needs* e *isRequiredFor*, cuja primeira propriedade lhe confere as capacidades necessárias, a segunda propriedade algum material que necessita para usar as suas capacidades e a terceira propriedade que confere onde esta pessoa é necessária, nomeadamente no *HotelFire* que é um *CloseAccident*. É nesta janela que também se consulta as propriedades de dados.

A Figura 47 ilustra estas relações no OntoGraf.

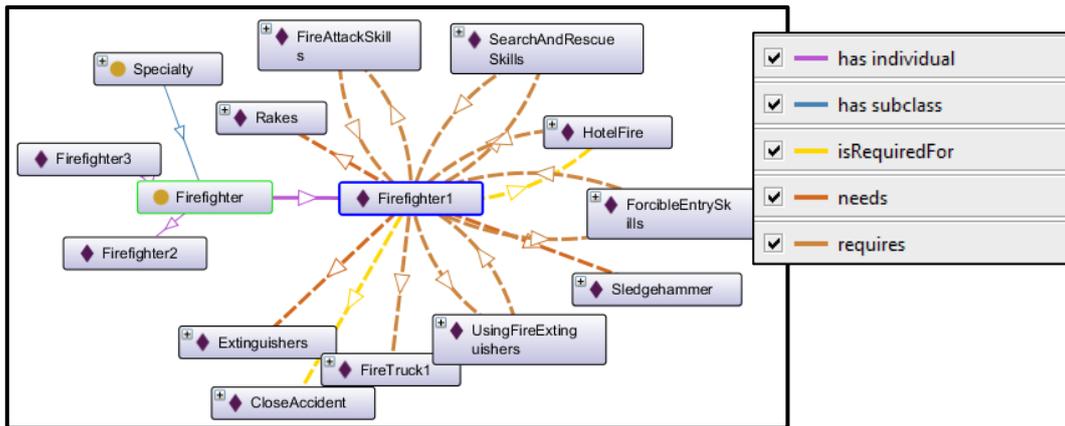


Figura 47 - Visualização de relações no Ontograf

É de salientar a Figura 48, que ilustra, como as instâncias das classes *PriorityRating* e *MedicalTriage* se relacionam entre si e com eventos que ocorram. Estas relações foram introduzidas manualmente num parâmetro que permitiu inferir informação para o outro, obtendo a figura que se segue.

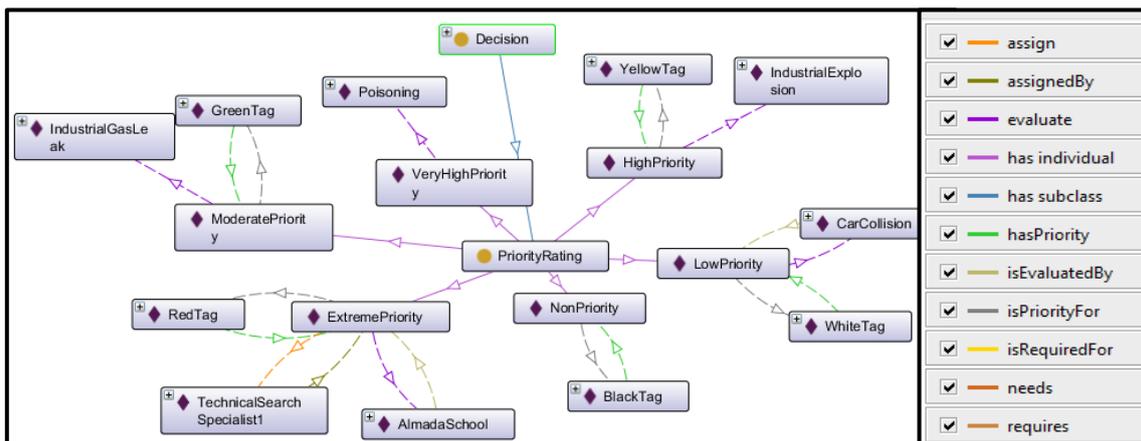


Figura 48 - Visualização de relações no OntoGraf

Por exemplo, a instância *ExtremePriority* é prioridade para *RedTag*, mas também avalia a *AlmadaSchool* como prioridade extrema e é atribuída ao *TechnicalSearchSpecialist1*. No entanto, esta só é associada à *AlmadaSchool*, pois o *TechnicalSearchSpecialist1* foi atribuído manualmente à instância *ExtremePriority*, e *AlmadaSchool* requer *TechnicalSearchSpecialist1*, ou seja, no processo de inferência observa-se que *ExtremePriority* avalia *AlmadaSchool*. Este exemplo é ilustrado em 6.1.1.

Depois de criada a Ontologia *themis*, ilustra-se na Figura 49 a página inicial do Protégé, que contempla o resumo dos valores referentes à mesma, ou seja, foram criados 1814 axiomas (contempla todas as relações e conceitos existentes), 305 classes,

30 propriedades de objetos, 34 propriedades de dados e 358 instâncias, bem como o comentário do propósito da Ontologia.

É possível ainda observar a expressividade utilizada - *DL expressivity SROIQ (D)* e a localização da Ontologia (*Ontology IRI*)

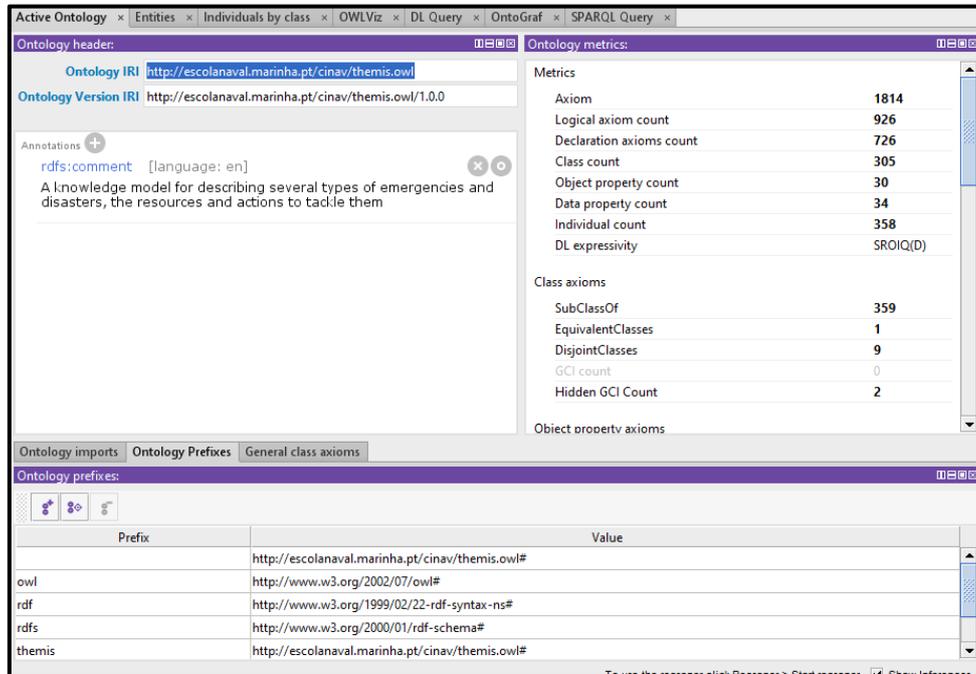


Figura 49 - Página inicial Protégé com informação sobre a construção da Ontologia

Foi elaborado o apêndice E com toda a hierarquia de classes.

6. Análise e Discussão de Resultados

Este Capítulo descreve o processo de avaliação e validação interna da Ontologia construída. Para tal, recorreu-se ao processo de inferência proporcionado pelo motor de inferência HermiT 1.3.8 e às consultas em linguagem SPARQL, que retornam a informação associada aos grafos RDF, tendo como objetivo o retorno da informação pretendida *a priori*. Serão apresentados três processos de inferência e um conjunto de consultas SPARQL de complexidade simples e média e respetivos resultados obtidos. Estes resultados serão analisados no decurso de cada exemplo.

No final, serão discutidos os resultados, no âmbito das três questões elaboradas na Introdução.

6.1. Avaliação e Validação da Base de Conhecimento

Passo 7: Validar a Ontologia

De modo a cumprir com o sétimo e o último passo da metodologia seguida em 5.1., e da *Design Science Research*, é necessário avaliar e validar internamente o artefacto, neste caso, a Base de Conhecimento criada.

Neste passo, procura-se verificar que a Ontologia desenvolvida está de acordo com o que foi idealizado, ou seja, que representa o domínio proposto (através do processo de inferência do *reasoner* HermiT) e que seja capaz de responder a questões que os utilizadores necessitarão, numa situação de emergência (através das consultas SPARQL).

A validação foi realizada em duas etapas, a primeira através do motor de inferência HermiT, cuja consistência da Ontologia e novas inferências, foram avaliadas. A segunda através das consultas SPARQL, para que se pudesse avaliar se a resposta devolvida era a pretendida.

6.1.1. Inferência

Após a elaboração da Ontologia, constituiu uma necessidade recorrer ao processo de inferência, neste caso através do *reasoner* HermiT, de modo a avaliar se a Ontologia é consistente (se não for, aparece a mensagem de erro ilustrada na Figura 50, bem como a razão desta inconsistência) e se for, quais as inferências, ou seja, raciocínio que este

motor elabora, sendo possível adicionar classes e instâncias onde elas não pertencem por conselho desta ferramenta.

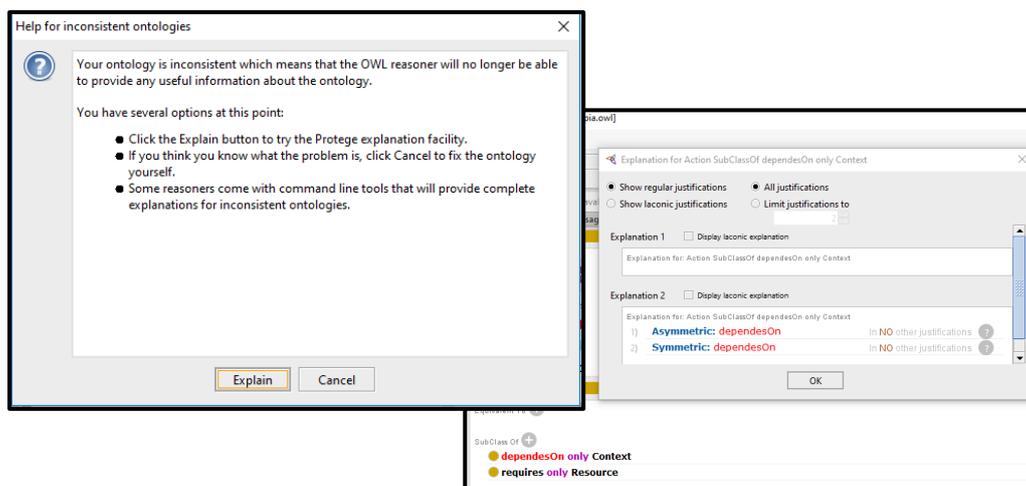


Figura 50 – Exemplo de inconsistência da Ontologia

Por exemplo, na figura acima, um dos erros da inconsistência que foi obtida na Ontologia, deveu-se ao facto de se ter atribuído, por lapso, à propriedade *dependsOn* as características simétrica e assimétrica, o que constitui uma impossibilidade.

Algumas das inferências produzidas pelo motor de inferência, ao longo da construção da Ontologia, são demonstradas de seguida, através das caixas a amarelo.

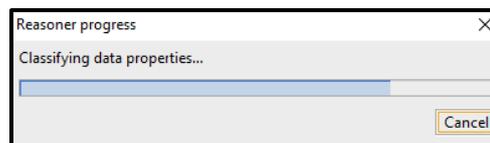


Figura 51 - Processo de classificação da Ontologia

Exemplo 1

No exemplo 1, ilustrado pela Figura 52, verifica-se que por ter sido adicionada uma condição (1) à instância *Earthquake1*, no parágrafo *Type*, foi inferido que essas condições fazem parte das propriedades de dados, como por exemplo a *Object property assertions isPerformedBy TechnicalSearchSpecialist1*.

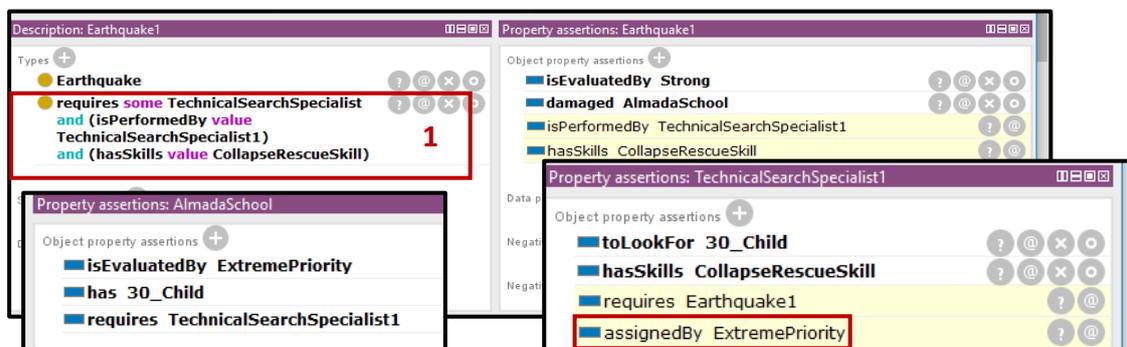


Figura 52 - Inferência: Exemplo 1

Ao *Earthquake1* foi adicionada a condição que danificou a *AlmadaSchool*.

Como *AlmadaSchool* é avaliada como *ExtremePriority* e requer um *TechnicalSearchSpecialist1*, o motor infere que *TechnicalSearchSpecialist1 assignedBy ExtremePriority*, ou seja, o técnico de buscas irá ser atribuído à *AlmadaSchool*.

Exemplo 2

No exemplo 2, ilustrado pela Figura 53, foram introduzidas na instância *HotelFire* (1) algumas relações com propriedades, como *requires FireAttackSkills*, *needs Extinguishers* e *is Close Accident*. Na instância *Firefighter1* (2), foram também introduzidas algumas relações como *requires FireAttackSkills*, *isRequiredFor CloseAccident* e *needs Extinguishers*. Anteriormente, foi também introduzido numa instância *FireTruck1*, a relação *isRequiredFor CloseAccident*. Deste modo, quando classificada a Ontologia pelo motor de inferência, este inferiu que o *HotelFire* requeria a *FireTruck1* e o *Firefighter1*, bem como a instância *Firefighter1* é requerida para o *HotelFire* e requer *FireTruck1*.

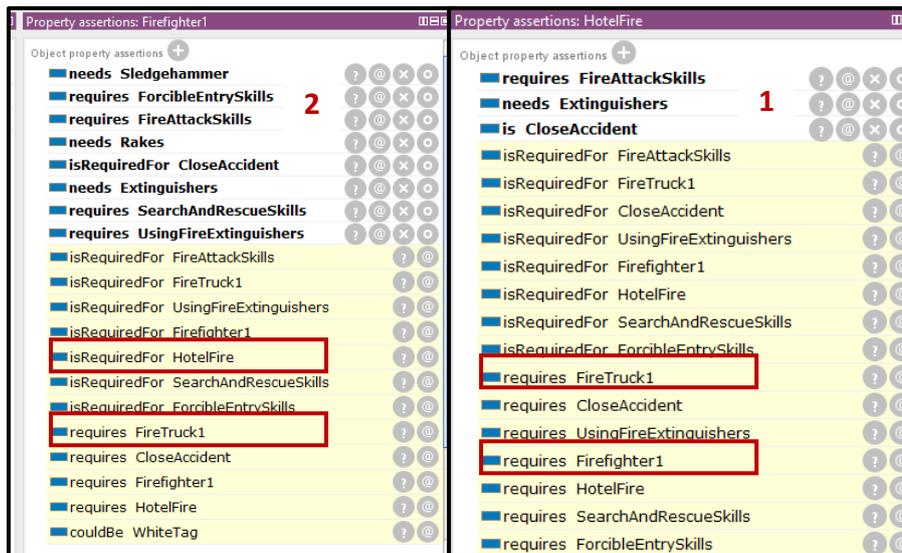


Figura 53 - Inferência: Exemplo 2

É de salientar, que devido à característica simétrica da propriedade *requires*, o motor de inferência assume a sua inversa, daí a quantidade de resultados obtidos.

Exemplo 3

No exemplo 3, ilustrado pela Figura 54, definiu-se que a instância *CarCollision* requeria o *Paramedic1* e a instância *Paramedic1* requeria *Ambulance1*. Após a

inferência, os resultados foram o aconselhamento por parte do motor, para que a instância *CarCollision* (1) requeira a *Ambulance1*, para que a instância *Paramedic1* (2) seja requerida para o *CarCollision* e que a instância *Ambulance1* (3) seja requerida para a *CarCollision* e para o *Paramedic1*.

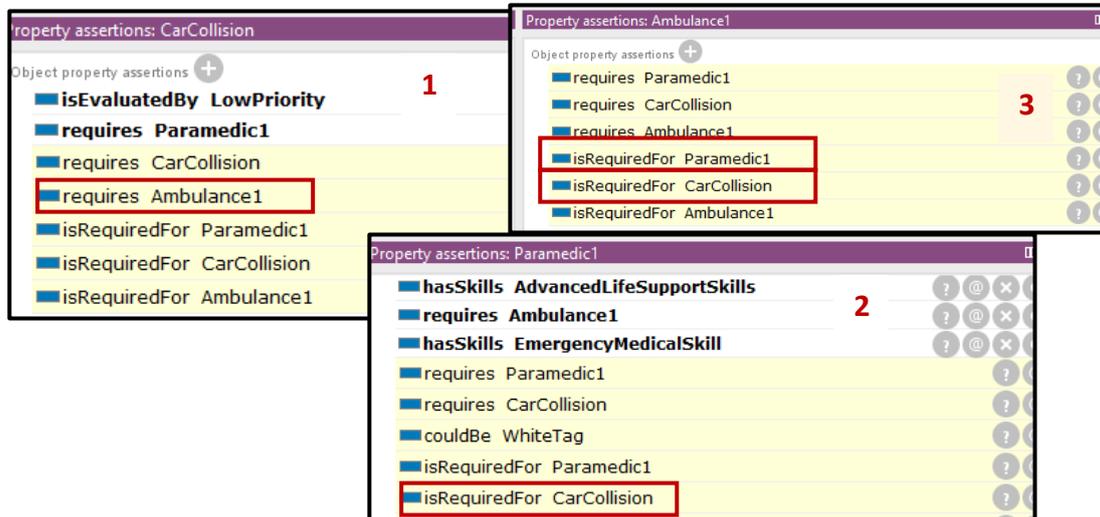


Figura 54 - Inferência: Exemplo 3

6.1.2. Consultas SPARQL

De modo a testar e validar internamente a Ontologia, ou Base de Conhecimento criada na ferramenta Protégé, recorreu-se a consultas através da linguagem SPARQL, um *plug-in* incorporado neste *software*.

Depois de criadas as classes e consequente hierarquia, instâncias e as suas relações, realizaram-se consultas, que simulam necessidades frequentes dos utilizadores numa situação de emergência. Para tal, foi elaborado um conjunto de perguntas que foram remetidas ao SPARQL, cujas respostas devem estar de acordo com o espectável. Estas perguntas vão desde uma complexidade simples, que só envolvem uma camada (por exemplo entre classes apenas), a perguntas mais complexas, que envolvem diversas camadas, entre classes e instâncias.

A Figura 55 ilustra uma consulta SPARQL exemplificativa.

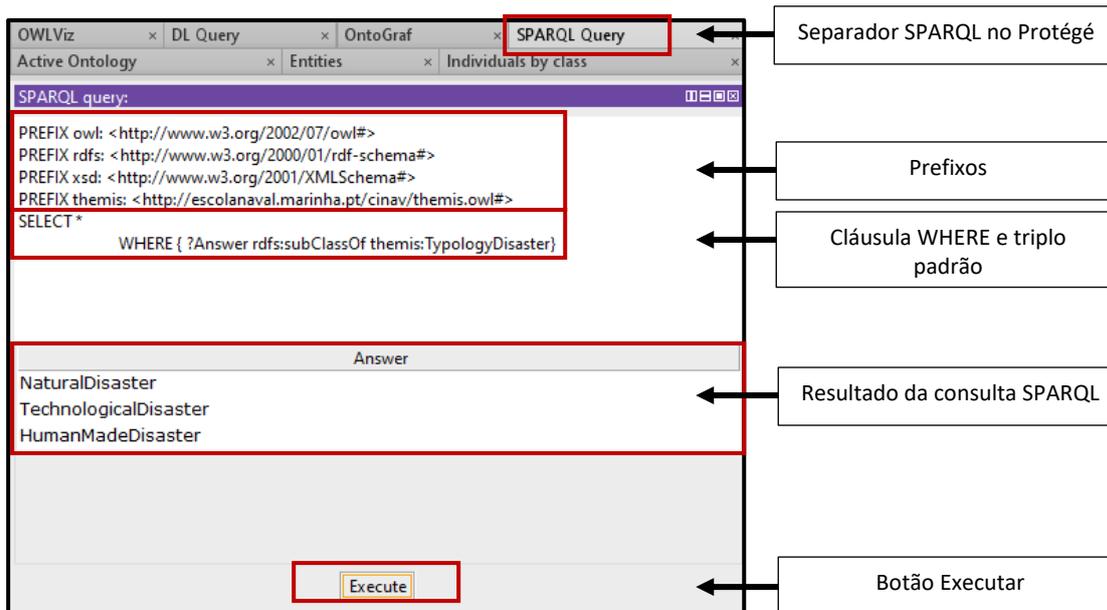


Figura 55 - Consulta SPARQL e resposta: Exemplo

Como referido no Capítulo 2, a consulta iniciou-se com a definição de um prefixo, neste caso foi escolhido o *PREFIX: themis*, cujos artefactos são pesquisados a partir do mesmo, não sendo necessária a inserção do caminho completo (IRI). Após a definição do prefixo, foram definidas as variáveis desejadas no triplo padrão (sujeito → predicado → objeto), representado na cláusula *WHERE*, que retornará as informações contidas no mesmo.

A consulta ilustrada na Figura 55, devolve como resultado a correspondência da variável *? Answer* no triplo padrão representado na cláusula *WHERE*, devolvendo neste caso em concreto, as subclasses (*rdfs:subClassOf*) da classe *themis:TypologyDisaster*: *NaturalDisaster*, *TechnologicalDisaster* e *HumanMadeDisaster*, avaliando esta resposta como verdadeira. A Figura 56 comprova esta relação.

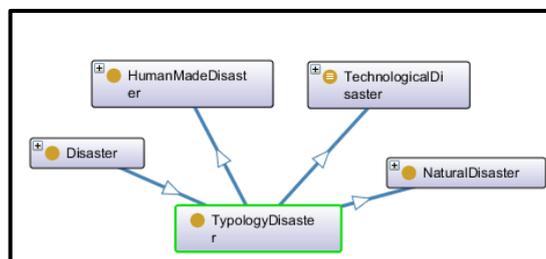


Figura 56 - Resposta SPARQL no OntoGraf

No entanto, verifica-se que não foi utilizada a expressão comum *SELECT ? subject ? object*. Isto deve-se ao facto de que quando é utilizado o carácter “*” na cláusula *SELECT*,

é devolvida a informação correspondente a todas as variáveis utilizadas na consulta, não sendo necessária a inserção de variáveis diferentes a cada nova consulta.

Nesta fase, as consultas são específicas, para que possam ser respondidas pela solução técnica implementada, ou seja, foram induzidas algumas relações, para que quando ocorresse o processo de inferência, o motor pudesse inferir determinadas verdades.

Diversas consultas e resultados são demonstrados de seguida²⁵, com alguns exemplos de visualização no OntoGraf.

Consulta 2 - What type of locale representation there are? SELECT * WHERE { ?Answer rdfs:subClassOf themis:Representation}	<table border="1"><thead><tr><th>Answer</th></tr></thead><tbody><tr><td>Point</td></tr><tr><td>Line</td></tr><tr><td>Polygon</td></tr></tbody></table>	Answer	Point	Line	Polygon
Answer					
Point					
Line					
Polygon					

Figura 57 - Consulta 2 e resposta SPARQL

A questão 2 é uma consulta simples, tal como algumas das seguintes, que apenas retorna as subclasses da classe *Representation*, ditando que existem três formas de representação de uma localização: *Point*, *Line* e *Polygon*. Esta consulta é semelhante à descrita na exemplificativa.

Consulta 3 – What is the nationality of Alvares Cabral? SELECT * WHERE { themis:AlvaresCabral themis:nationalityOf ?Answer}	<table border="1"><thead><tr><th>Answer</th></tr></thead><tbody><tr><td>Portugal</td></tr></tbody></table>	Answer	Portugal
Answer			
Portugal			

Figura 58 – Consulta 3 e resposta SPARQL

²⁵ 1 - As perguntas foram efetuadas em inglês, pois a Ontologia foi elaborada, na sua totalidade, em inglês, para posterior utilização.

2 – Os prefixos não são alteráveis e por essa razão foram ocultados no código adiante.

Nesta consulta, entre instâncias, é questionada a nacionalidade (propriedade *themis:nationalityOf*) da fragata Álvares Cabral, que retorna *Portugal*.

Consulta 4 – Who’s missing? SELECT * WHERE { ?Answer rdf:type themis:Missing}	<table border="1"><thead><tr><th>Answer</th></tr></thead><tbody><tr><td>30_Child</td></tr><tr><td>Pedro</td></tr><tr><td>Rita</td></tr><tr><td>Maria</td></tr></tbody></table>	Answer	30_Child	Pedro	Rita	Maria
Answer						
30_Child						
Pedro						
Rita						
Maria						

Figura 59 - Consulta 4 e resposta SPARQL

A consulta 4 tem como objetivo questionar uma classe, sobre as suas instâncias, ou seja, retorna uma lista de pessoas desaparecidas que estão enumeradas na classe *Missing*. Este tipo de informações, são de particular importância, pois no terreno, é possível ter uma percepção do estado das pessoas, para decidir como atuar. Na Ontologia existem também classes para pessoas mortas, feridas, desalojadas, devendo ser no futuro sustentadas de mais informação (adicionar mais instâncias).

Consulta 5 – Which Equipment is available? SELECT * WHERE { ?Answer rdf:type themis:Equipment}	<table border="1"><thead><tr><th>Answer</th></tr></thead><tbody><tr><td>walkietalkie</td></tr><tr><td>GPSEquipment</td></tr><tr><td>computer</td></tr><tr><td>Laptop</td></tr><tr><td>telephone</td></tr></tbody></table>	Answer	walkietalkie	GPSEquipment	computer	Laptop	telephone
Answer							
walkietalkie							
GPSEquipment							
computer							
Laptop							
telephone							

Figura 60 - Consulta 5 e resposta SPARQL

Nesta consulta, semelhante à anterior, é retornada uma lista de equipamentos disponíveis.

Consulta 6 – Who is part of DISTEX Medical Team? SELECT * WHERE { ?Answer rdf:type themis:MedicalTeamD}	<table border="1"><thead><tr><th>Answer</th></tr></thead><tbody><tr><td>Paramedic</td></tr><tr><td>Nurse</td></tr><tr><td>Medic</td></tr></tbody></table>	Answer	Paramedic	Nurse	Medic
Answer					
Paramedic					
Nurse					
Medic					

Figura 61 – Consulta 6 e resposta SPARQL

A consulta 6, também semelhante às duas anteriores, retornando uma lista de quem pertence à equipa médica do *DISTEX*, é também de particular importância, pois é através deste género de classes que é possível controlar os elementos intervenientes na resposta a uma emergência, manipulando as suas ações.

Consulta 7 – Where does brigade belong to?

```
SELECT *
  WHERE { ?Answer owl:onProperty themis:belongsTo .
          themis:Brigade rdfs:subClassOf ?Answer }
```

Answer
● belongsTo only Organization

Figura 62 – Consulta 7 e resposta SPARQL

Outro exemplo de consulta ocorre entre classes. Neste caso questionou-se ao programa, onde é que a classe *Brigade* pertencia (*themis:belongsTo*), ao que foi retornada a classe *Organization*.

Consulta 8 – What does the structural engineer evaluate?

```
SELECT *
  WHERE { ?Answer owl:onProperty themis:evaluate .
          themis:StructuralEngineer rdfs:subClassOf ?Answer }
```

Answer
● evaluate only TotalOrPartialCommitmentOfSecurityServicesOrStructures

Figura 63 – Consulta 8 e resposta SPARQL

Esta consulta, semelhante à anterior, retorna que o *StructuralEngineer* avalia (*themis:evaluate*) a classe *TotalOrPartialCommitmentOfSecurityServicesOrStructures*. Terminando assim o leque de consultas simples, que apenas abrangem uma camada. De seguida são apresentadas algumas questões que se tornam cada vez mais complexas.

Consulta 9 – Where does 1MAR Joao Manuel belong to?
Consulta 10 – What does 1MAR Joao Manuel perform?

```
SELECT *
  WHERE { themis:1MAR_JoaoManuel themis:belongsTo ?Answer_1 .
          themis:1MAR_JoaoManuel themis:perform ?Answer_2 }
```

Answer_1	Answer_2
BartolomeuDias	1stDamControlTeamResponse

Figura 64 – Consultas 9 e 10 e resposta SPARQL

As consultas 9 e 10 questionam a mesma instância sobre duas ações diferentes: onde pertence o *1MAR_JoaoManuel* (*themis:belongsTo*) e a sua função (*themis:perform*), ao qual o programa retorna que pertence à fragata *Bartolomeu Dias*

e executa a 1ª ação de combate a um sinistro. Numa situação de emergência, estas informações são relevantes, para se ter logo à partida a função associada ao ator.

Consulta 11 – What does the frigate provide?
Consulta 12 – What are the existing frigates?

```
SELECT *
  WHERE { ?Answer_1 owl:onProperty themis:provides .
          themis:Frigate rdfs:subClassOf ?Answer_1 .
          ?Answer_2 rdf:type themis:Frigate }
```

Answer_1	Answer_2
provides some CommandAndControl	D.FranciscoDeAlmeida
provides some CommandAndControl	BartolomeuDias
provides some CommandAndControl	CorteReal
provides some CommandAndControl	AlvaresCabral
provides some CommandAndControl	VascoDaGama

Figura 65 – Consultas 11 e 12 e resposta SPARQL

Estas consultas, 11 e 12, apresentam as tarefas atribuídas a cada uma das fragatas. A primeira consulta relaciona classes, enquanto a segunda relaciona classes com instâncias.

Consulta 13 – What does the Medic1 require?
Consulta 14 – What does Manuel require?

```
SELECT *
  WHERE { {themis:Medic1 themis:requires ?Answer_1 } UNION
          themis:Manuel themis:requires ?Answer_2 }
```

Answer_1	Answer_2
BurnTreatmentSkills	BurnTreatmentSkills
BurnTreatmentSkills	Medic1
BurnTreatmentSkills	AdvancedLifeSupportSkills
AdvancedLifeSupportSkills	BurnTreatmentSkills
AdvancedLifeSupportSkills	Medic1
AdvancedLifeSupportSkills	AdvancedLifeSupportSkills

Answer_1	Answer_2
BurnTreatmentSkills	
AdvancedLifeSupportSkills	
	BurnTreatmentSkills
	Medic1
	AdvancedLifeSupportSkills

Figura 66 - Consultas 13 e 14 e resposta SPARQL

Olhando primeiro para as consultas 13 e 14, estas ocorrem entre instâncias. Nesta situação o *Manuel* está numa situação em que necessita de tratamentos para queimaduras e suporte avançado de vida, que são precisamente as capacidades do *Medic1*. Quando ocorreu o processo de inferência, o motor inferiu que o *Manuel* precisava do *Medic1*, que é ilustrado precisamente neste exemplo. No entanto, estas

duas instâncias possuem relações com as mesmas instâncias, (*AdvancedLifeSupportSkills* e *BurnTreatmentSkills*), retornando o resultado da imagem superior. É neste momento que se recorre a um modificador do SPARQL, o *UNION*. Adicionando os elementos a vermelho, é então capaz de retornar apenas conjuntos de soluções separadas.

Consulta 15 – Who belongs to Organization?
Consulta 16 - The CommandObjective is assigned by who?

```
SELECT *
  WHERE { { ?Answer_1 owl:onProperty themis:has .
            themis:Organization rdfs:subClassOf ?Answer_1 } UNION
            {?Answer_2 owl:onProperty themis:assignedBy .
            themis:CommandObjective rdfs:subClassOf ?Answer_2} }
```

Answer_1	Answer_2
<ul style="list-style-type: none"> ● has only TacticalCommandPost ● has only CommandPostOnLand ● has only OperationalControlStation ● has only StrategicCommandPost ● has only Brigade ● has only CommandPostOnBoard 	<ul style="list-style-type: none"> ● assignedBy only TacticalCommandPost ● assignedBy only OperationalControlStation

Figura 67 – Consultas 15 e 16 e resposta SPARQL

A consulta 15 e 16 é semelhante à anterior, embora ocorra entre classes. A primeira consulta retorna uma lista dos elementos pertencentes à Organização, enquanto a segunda retorna os elementos que atribuem o Objetivo de Comando.

Consulta 17 – What is the XCoordinate of the Earthquake1?
Consulta 18 – What is the YCoordinate of the Earthquake1?
Consulta 19 – What is the GridPosition of the Firefighter1?

```
SELECT *
  WHERE { themis:Earthquake1 themis:XCoordinate ?Answer_1 .
            themis:Earthquake1 themis:YCoordinate ?Answer_2 .
            themis:Firefighter1 themis:GridPosition_R ?Answer_3 . }
```

Answer_1	Answer_2	Answer_3
"- 8.14"^^<http://www.	"39.9"^^<http://www.w	"B3"^^<http://www.w3.

Figura 68 – Consultas 17 a 19 e resposta SPARQL

Estas três consultas destinam-se a questionar as instâncias *Earthquake1* e *Firefighter1* sobre a sua posição, em coordenadas e em posição de grade, respetivamente. No entanto há uma diferença nesta consulta, esta ocorre a propriedades de dados, nomeadamente *XCoordinate*, *YCoordinate* e *GridPosition_R*, cujos valores foram introduzidos manualmente nestas instâncias. A importância destas características deve-se ao facto de se poder controlar onde ocorreu o desastre ou outro tipo de ocorrência e que meios enviar para o local. No entanto o motor de inferência,

nesta Ontologia, não foi capaz de detetar que recurso está disponível ou a sua posição, se não fosse introduzido manualmente essa informação.

Consulta 20 – Which helicopter is available?
Consulta 21 – What’s its nationality?
Consulta 22 – What does it need?

```
SELECT *
WHERE { ?Answer_1 rdf:type themis:Helicopter .
        themis:Lynx_MK95 themis:nationalityOf ?Answer_2 .
        ?Answer_3 owl:onProperty themis:needs .
        themis:Lynx_MK95 rdf:type ?Answer_3 . }
```

Answer_1	Answer_2	Answer_3
Lynx_MK95	Portugal	● needs only Pilot

Figura 69 – Consultas 20 a 22 e resposta SPARQL

As consultas 20, 21 e 22, apresentam relações entre classes e instâncias e entre instâncias. Retornando as respostas que o Helicóptero disponível é o *Lynx_MK95* (20), de nacionalidade portuguesa (21) e que necessita de um piloto (22).

Consulta 23 – Which are the existing priorities?
Consulta 24 - What events do they evaluate?

```
SELECT *
WHERE { ?Answer_1 rdf:type themis:PriorityRating .
        ?Answer_1 themis:evaluate ?Answer_2 . }
```

Answer_1	Answer_2
ModeratePriority	IndustrialGasLeak
LowPriority	CarCollision
HighPriority	IndustrialExplosion
ExtremePriority	AlmadaSchool
VeryHighPriority	Poisoning

Figura 70 – Consultas 23 e 24 e resposta SPARQL

A consulta 23 e 24 associa à *Answer_1* a *Answer_2*, ou seja, associa às prioridades o evento avaliado (também introduzidas manualmente e outras inferidas por informação indireta). No futuro, quando construído o sistema inteligente, é suposto que seja capaz de associar os eventos às prioridades, automaticamente.

Consulta 24 – What are de levels of Medical Triage?
Consulta 25 – What do they mean?
Consulta 26 – What are their priorities?
Consulta 27 – What are there codes?

```
SELECT *
WHERE { ?Answer rdf:type themis:MedicalTriage .
        ?Answer rdfs:comment ?Answer_1 .
        ?Answer themis:hasPriority ?Answer_2 .
        ?Answer themis:hasCode ?Answer_3 }
```

Answer	Answer_1	Answer_2	Answer_3
YellowTag	"Or those who require observation (and possible later re-triage). Their condition is stable for the moment and, they are not in immediate danger of death"	HighPriority	"observation"^^<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Literal
BlackTag	"Are used for the deceased and for those whose injuries are so extensive that they will not be able to survive given the care that is available."	NonPriority	"Expectant"^^<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Literal
WhiteTag	"Are given to those with minor injuries for whom a doctor's care is not required and can be a helpful resource."	LowPriority	"dismiss"^^<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Literal
RedTag	"Are used to label those who cannot survive without immediate treatment but who have a chance of survival."	ExtremePriority	"immediate"^^<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Literal
GreenTag	"Are reserved for the "walking wounded" who will need medical care at some point, after more critical injuries have been treated."	ModeratePriority	"wait"^^<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Literal

Figura 71 – Consultas 24 a 27 e resposta SPARQL

Este conjunto de consultas retorna instâncias (24 e 26), comentários (25) e propriedades de dados (27). Neste exemplo é associado à triagem de vítimas o seu significado (25), a sua prioridade (26) e o seu código (27). Este caso é particularmente relevante, pois é possível ter um panorama geral do que deve ser socorrido em primeiro lugar. Futuramente, seria desejável que a esta lista fosse associada uma lista de pessoas com estas características.

Consulta 28 – What does a white tag could be?
Consulta 29 – What does a white tag mean?
Consulta 30 – What is its priority?
Consulta 31 – Joana is evaluated by which tag?
Consulta 32 – What are Joana's Skills?
Consulta 33 – What could Joana be?

```
SELECT *
WHERE { ?Answer_1 owl:onProperty themis:couldBe .
        themis:WhiteTag rdf:type ?Answer_1 .
        themis:WhiteTag rdfs:comment ?Answer_2 .
        themis:WhiteTag themis:hasPriority ?Answer_3 .
        themis:Joana themis:isEvaluatedBy ?Answer_4 .
        themis:Joana themis:hasSkills ?Answer_5 .
        themis:Joana themis:couldBe ?Answer_6 }
```

Answer_1	Answer_2	Answer_3	Answer_4	Answer_5	Answer_6
couldBe some HumanResource	"Are given to those with minor injuries for whom a doctor's care is not required and can be a helpful resource."	LowPriority	WhiteTag	AdvancedLifeSupportSkills	Nurse

Figura 72 – Consultas 28 a 33 e resposta SPARQL

Este conjunto de consultas destina-se a avaliar se uma triagem médica é avaliada como branca, então esta pode ser (*themis:couldBe*) um recurso humano (*HumanResource*) (28), pois tem pequenas feridas (é *LowPriority* - 30) e pode auxiliar numa situação de emergência se for necessário (29). Como exemplo, a Joana é avaliada como *WhiteTag* e tem capacidades de suporte avançado de vida (*hasSkills AdvancedLifeSupportSkills*), logo pode exercer funções de enfermeira (*Nurse*).

Os exemplos que se seguem apresentam casos de situações de emergência e que recursos humanos e materiais são necessários.

Consulta 34 – What is the priority of a car collision?
Consulta 35 – What is the paramedic1 required for?
Consulta 36 – What is the requirement of the paramedic1?
Consulta 37 – What does the paramedic1 need?
Consulta 38 – What are the requirements of a car collision?
Consulta 39 – What is the ambulance1 required for?

```
SELECT *
  WHERE { {themis:CarCollision themis:isEvaluatedBy ?Answer_1 } UNION
          {themis:Paramedic1 themis:isRequiredFor ?Answer_2 } UNION
          {themis:Paramedic1 themis:requires ?Answer_3 } UNION
          {themis:Paramedic1 themis:needs ?Answer_4 } UNION
          {themis:CarCollision themis:requires ?Answer_5 } UNION
          {themis:Ambulance1 themis:isRequiredFor ?Answer_6 } }
```

Answer_1	Answer_2	Answer_3	Answer_4	Answer_5	Answer_6
LowPriority	CarCollision	Ambulance1	FirstAidBags	Paramedic1 Ambulance1	CarCollision Paramedic1

Figura 73 – Consultas 34 a 39 e resposta SPARQL

O conjunto de consultas apresentado na Figura 73, foi resultado da inferência realizada anteriormente e simula um acidente de carro (*CarCollision*) que é avaliado como prioridade baixa (34), tendo em conta outros eventos que decorrem ao mesmo tempo, como por exemplo, os da Figura 70. Foi definido anteriormente que o *Paramedic1* necessita de um saco de primeiros socorros (*FirstAidBags*) e auxilia este evento e que requer uma ambulância (*Ambulance1*), logo foi inferido que este acidente de carro requer o *Paramedic1* e a *Ambulance1* e conseqüentemente, a *Ambulance1* é requerida para o acidente e para o paramédico.

Consulta 40 – What does the hotel fire is?
Consulta 41 – What is the requeriment of the close accident?
Consulta 42 – What does the hotel fire need?
Consulta 43 – What does the firefighter1 need?
Consulta 44 – What is the requeriment of the firefighter1?
Consulta 45 – What is the requeriment of the hotel fire?
Consulta 46 – Firefighter1 is required for what?

```

SELECT *
  WHERE { {themis:HotelFire themis:is ?Answer_1 } UNION
          {themis:CloseAccident themis:requires ?Answer_2 } UNION
          {themis:HotelFire themis:needs ?Answer_3 } UNION
          {themis:Firefighter1 themis:needs ?Answer_4 } UNION
          {themis:Firefighter1 themis:requires ?Answer_5 } UNION
          {themis:HotelFire themis:requires ?Answer_6 } UNION
          {themis:Firefighter1 themis:isRequiredFor ?Answer_7 } }

```

Answer_1	Answer_2	Answer_3	Answer_4	Answer_5	Answer_6	Answer_7
CloseAccident	FireTruck1	Extinguishers	Sledgehammer Rakes Extinguishers	ForcibleEntrySkills FireAttackSkills UsingFireExtinguishers SearchAndRescueSkills FireTruck1	FireAttackSkills FireTruck1 Firefighter1	CloseAccident HotelFire

Figura 74 – Consultas 40 a 46 e resposta SPARQL

Este conjunto de questões é semelhante ao anterior, no entanto decorre com um incêndio num hotel (*HotelFire*), perto do posto onde se encontra o sistema (*CoseAccident*). A *FireTruck1* é requerida para os acidentes que ocorrem perto (41). O hotel necessita de extintores e o *Firefighter1* necessita de *Sledgehammer*, *Rakes* e *Extinguishers* para o exercício das suas capacidades (44), sendo atribuído à *FireTruck1*, por imposição. Por estes motivos, foi inferido que o hotel necessita das capacidades do bombeiro e do carro de bombeiros (45), bem como o bombeiro é atribuído aos acidentes que ocorrem perto (por também ser atribuído ao carro de bombeiros que está atribuído a estas ocorrências) e conseqüentemente ao incêndio no hotel.

Consulta 47 – An earthquake is evaluated by what?
Consulta 48 – Earthquake1 is evaluated by what?
Consulta 49 – What is the magnitude of the level strong?
Consulta 50 – What infrastructures were damaged by earthquake1?
Consulta 51 – What is the requeriment of the earthquake1?
Consulta 52 – What is the technicalSearchSpecialist1's skill?
Consulta 53 – What does technicalSearchSpecialist1 looks for?
Consulta 54 – What does the Almada school have?
Consulta 55 – Almada school is evaluated by which priority?
Consulta 56 – TechnicalSearchSpecialist1 is looking for whom?

```

SELECT *
  WHERE {?Answer_1 owl:onProperty themis:isEvaluatedBy .
        themis:Earthquake rdfs:subClassOf ?Answer_1 .
        themis:Earthquake1 themis:isEvaluatedBy ?Answer_2 .
        themis:Strong themis:hasMagnitude ?Answer_3 .
        themis:Earthquake1 themis:damaged ?Answer_4 .
        themis:Earthquake1 themis:requires ?Answer_5 .
        themis:TechnicalSearchSpecialist1 themis:hasSkills ?Answer_6 .
        ?Answer_7 owl:onProperty themis:toLookFor .
        themis:TechnicalSearchSpecialist1 rdf:type ?Answer_7 .
        themis:AlmadaSchool themis:has ?Answer_8 .
        themis:AlmadaSchool themis:isEvaluatedBy ?Answer_9 .
        themis:TechnicalSearchSpecialist1 themis:toLookFor ?Answer_10}

```

Answer_1	Answer_2	Answer_3	Answer_4	Answer_5
isEvaluatedBy some RichterScale	Strong	"[>=6, <=6.9]"^^AlmadaSchool	TechnicalSearchSpecialist1	
Answer_6	Answer_7	Answer_8	Answer_9	Answer_10
CollapseRescueSkill	toLookFor some Missing	30_Child	ExtremePriority	30_Child

Figura 75 – Consultas 47 a 56 e resposta SPARQL

Por último, efetuou-se um conjunto de consultas que relaciona classes, instâncias e propriedades de objetos e de dados (49).

Este exemplo simula um terramoto, avaliado pela escala de *Richter* (*isEvaluatedBy some RichterScale*), com intensa magnitude (*Strong*). A esta magnitude é associado um valor entre 6 e 6.9, na mesma escala (*hasMagnitude [>=6, <=6.9]*). Verifica-se ainda que este terramoto danificou *AlmadaSchool* (50), avaliada como prioridade extrema (55), que por sua vez requer um especialista em buscas (*TechnicalSearchSpecialist1* - 51) de pessoas desaparecidas (53), porque tem 30 crianças (54) nas suas instalações, as quais estão desaparecidas. Esta busca é atribuída ao especialista referido (56). Neste caso, também algumas respostas retornadas, foram inferidas e não introduzidas manualmente.

A Figura 76 ilustra as relações deste exemplo, no OntoGraf.

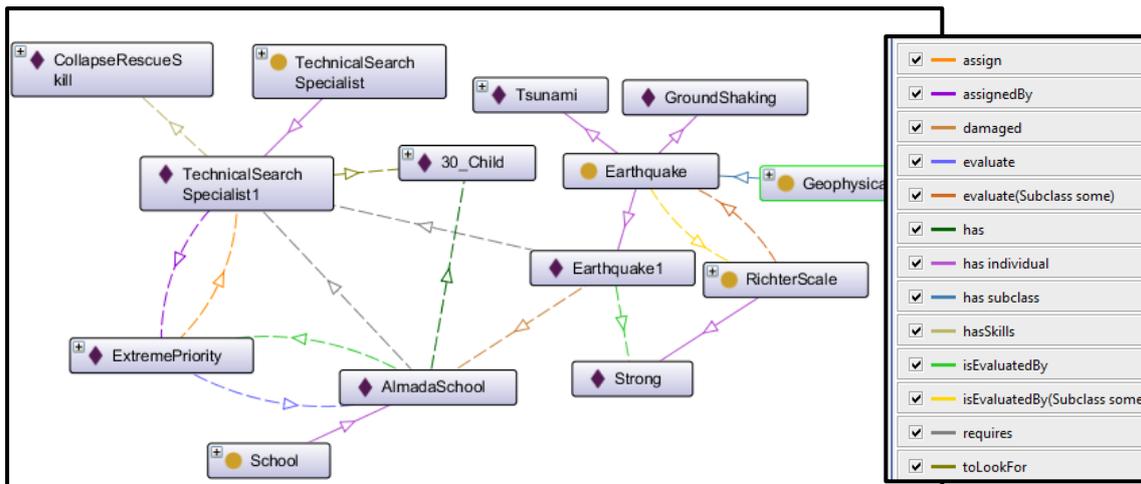


Figura 76 - Exemplo de uma resposta conferida no OntoGraf

Com estes resultados, demonstra-se, que é possível alguém com pouco conhecimento da Base de Conhecimento conseguir extrair informação relativamente a situações específicas numa situação de desastre, sem necessitar de consultar um especialista, sendo o desenvolvimento de uma interface intuitiva onde o utilizador introduzirá a informação pretendida sem manusear a ferramenta que elaborou a Ontologia, uma proposta de desenvolvimento futuro.

6.2. Discussão de Resultados

Com a análise dos resultados obtidos no processo de validação interna da Base de Conhecimento, termina o ciclo de desenvolvimento da Ontologia proposta para esta dissertação de mestrado.

Face ao exposto na primeira parte do Capítulo, é agora possível a discussão de resultados, fruto da análise do processo de inferência e do processo de consulta. Esta discussão tem como propósito a resposta às três questões elaboradas no Capítulo da Introdução. Não será elaborada uma discussão exaustiva dos resultados, devido às conclusões que já foram apresentadas em cada situação da validação da Base de Conhecimento, servindo assim como síntese do trabalho realizado.

Questão Principal de investigação: É possível conceber e implementar uma Base de Conhecimento que possa ser utilizada no processo de tomada de decisão em situações de emergência e catástrofes?

Resposta: Referido por diversas vezes, no decurso da dissertação, uma Base de Conhecimento é uma Ontologia com toda a sua estrutura associada (classes, instâncias e propriedades).

Para a conceção deste artefacto, existem diversas metodologias e ferramentas, referidas na Revisão da Literatura, tendo sido seleccionada para esta dissertação, primeiramente, a construção de um diagrama UML, de modo a conceptualizar a Base de Conhecimento, com os termos adquiridos, dos diversos modos referidos no Capítulo da Introdução. De seguida, foi seleccionada a linguagem OWL, suportada pela ferramenta Protégé, cujas funcionalidades do motor de inferência e da linguagem de consulta SPARQL, permitiram a construção e validação interna da Ontologia, consequente Base de Conhecimento, após a introdução de instâncias como exemplo, para teste. Esta Base de Conhecimento beneficiaria se, no futuro, fosse efetuada uma avaliação e validação externa, por parte de peritos.

A construção assenta nos pressupostos de criação de classes e a sua hierarquia, instâncias (ou indivíduos) dessas classes e propriedades de dados e objetos, apoiadas pelas regras de classes disjuntas, classes equivalentes, instâncias semelhantes, regras universais, existenciais e de cardinalidade, que delimitam as propriedades, bem como outros axiomas que conferem o grau de veracidade introduzido.

Salienta-se o facto de o processo ser moroso quando se inserem diversas propriedades de dados, pelo que forem apenas introduzidas algumas para exemplificar.

Neste sentido, é possível afirmar que a conceção e implementação deste protótipo é de todo viável, apesar da generalidade e abstração do tema, devido à ampla variedade de termos adquiridos.

Sub-Questão de investigação 1: Quais os principais conceitos, relações e regras necessários à Gestão de Emergência e Catástrofes?

Resposta: A resposta a esta sub-questão encontra-se na sua totalidade no decorrer da dissertação, com especial enfoque no Capítulo 5 e subcapítulo 6.1., pelo que não se torna necessário a repetição desses mesmos termos. É apenas importante salientar que devido ao leque variado de termos levantados, por vezes torna-se complexo o processo

de os relacionar através das propriedades. As regras são as impostas pela linguagem OWL, bastante expressiva, daí a ampla variedade de opções.

Sub-Questão de investigação 2: A Base de Conhecimento permite a realização de processos de inferência para apoiar a tomada de decisão em situações de emergência e catástrofes?

Resposta: Relativamente ao processo de inferência, este foi possível devido à integração do motor de inferência Hermit 1.3.8., no editor de Ontologias Protégé 5.1.0, mencionado e descrito em 6.1.1.

É de salientar o facto deste motor, apenas retornar os axiomas que modelam declarações verdadeiras, introduzidas pela autora, ou seja, apenas responde a verdade introduzida, não é capaz de julgar e decidir por ele, por exemplo, que recurso está disponível, sem que seja introduzido nesse recurso que ele se encontra efetivamente disponível.

7. Conclusão e Recomendações

Uma situação de emergência, definida como um evento súbito, urgente e inesperado, de origem natural, tecnológica ou decorrente de conflitos armados, que exige ação imediata, constitui nos dias de hoje, uma preocupação crescente entre os elementos responsáveis pela Gestão de Emergências.

A Gestão de Emergências é um processo complexo, com uma grande relevância na sociedade, uma vez que a resposta a estas situações requer a colaboração e cooperação de atores civis e militares, na assistência a populações, em situações de desastre e ajuda humanitária, que nem sempre ocorrem em ambientes permissivos, ditando esta circunstância se o coordenador da ação é civil ou militar. Por conseguinte, representa um desafio para os decisores envolvidos em situações de crise, gerir o grande volume de informação e conhecimento, por vezes disperso e de natureza incerta, que se veem pressionados a tomar decisões críticas, num curto espaço de tempo.

Contudo, com a evolução tecnológica do último século, é notória a preocupação em colmatar a dificuldade que estes decisores experienciam, automatizando processos que sejam capazes de gerar aconselhamento. Nesse sentido, tem sido dada primazia a Sistemas Inteligentes baseados no Conhecimento, empregues no apoio à decisão em situações de crise. Porém, existe um longo caminho a percorrer, até ao desenvolvimento destas tecnologias.

O Conhecimento, como resultado dos dados e informação num contexto, nem sempre se encontra na sua forma explícita, sendo apenas adquirido por experiência ou por outrem, o que impossibilita que toda a organização possua um domínio comum do problema. O Conhecimento, como terceiro nível da Pirâmide do Conhecimento, na sua forma tácita, é passível de conversão, visando a sua estruturação e entendimento por parte da comunidade alvo, resultando na sua documentação e armazenamento em Bases de Conhecimento, tecnologia de suporte aos Sistemas Inteligentes de auxílio ao processo de tomada de decisão. Este processo é da responsabilidade da Gestão do Conhecimento.

Conceptualmente, a Gestão do Conhecimento, permite identificar/criar, partilhar e utilizar formalmente o conhecimento implícito nos membros da organização, todavia,

aplicado ao contexto dos Sistemas Inteligentes, é prática comum denominar-se Engenharia do Conhecimento, que permite a interpretação deste, computacionalmente. Este processo, responsável pelas técnicas de aquisição, representação, inferência, validação e explicação do Conhecimento, viabilizou o trabalho elaborado e deu corpo a esta dissertação de mestrado.

A presente dissertação de mestrado, elaborada no âmbito do projeto THEMIS, que está a desenvolver uma ferramenta inteligente de apoio à decisão em situações de Gestão de Emergências, é um contributo para esta problemática e teve como objetivo a construção de uma Base de Conhecimento que armazene conceitos e regras vocacionadas para a Gestão de Emergências, proporcionando um vocabulário comum a todos os envolvidos em situações críticas, de modo a proporcionar aconselhamento, dentro do possível, aos decisores.

Para tal, recorreu-se a técnicas manuais de aquisição de Conhecimento, como a observação do exercício DISTEX, realizado pela fragata NRP *Vasco da Gama*, reuniões com profissionais da ANPC, reuniões com profissionais membros do projeto THEMIS e consulta de documentação. Este Conhecimento adquirido, foi organizado e representado de acordo com a metodologia proposta por Noy e McGuinness (2001), recomendada pelos mais influentes no seio desta temática. Depois de alguma pesquisa sobre os métodos de representação mais fiáveis, chegou-se à conclusão que os diagramas UML e Ontologias pesadas, servem bastante bem este propósito, tendo sido utilizados nesta dissertação.

O diagrama UML elaborado teve como finalidade a definição conceptual do que viria a ser a Base de Conhecimento, de modo a organizar os termos adquiridos. Para a construção da Ontologia, seguiu-se a recomendação da W3C e selecionou-se a linguagem OWL, extensão da RDF, suportada pelo editor de Ontologias Protégé 5.1.0, eleito como ferramenta de desenvolvimento da Ontologia, por ser livre e de código aberto, integrar *plug-ins* necessários e ainda permitir processos de inferência que deram aso a novo conhecimento. Esta ferramenta foi comparada com outras, embora o principal peso na seleção tenha sido também, a recomendação por parte da W3C.

A Ontologia como pilar da Web Semântica, que tem como propósito continuar a desenvolver uma Web que seja interpretada não só por pessoas, mas também computacionalmente, trouxe à dissertação a contribuição para um conhecimento estruturado e uma linguagem formal de representação sobre a Gestão de Emergências, através das relações entre os seus elementos (elementos: classes, instâncias, propriedades de objetos e dados e os seus axiomas relacionados).

A Ontologia, com toda a sua estrutura e elementos participantes, validados, representa a Base de Conhecimento. Esta, compreende termos sobre o panorama situacional de uma emergência, visando o conhecimento sobre o estado da área geográfica, da população e da atribuição de meios, no local do desastre, contendo relações já conhecidas *a priori* (e.g., um médico deve ter a capacidade de efetuar suporte avançado de vida a uma vítima, considerada código vermelho), o que viabiliza uma resposta que contempla as necessidades específicas de cada situação. No entanto, as relações efetuadas manualmente e a construção da hierarquia de classes tornou-se um processo complexo, devido à abstração e aos inúmeros termos que caracterizam esta temática, nem sempre tendo a consciência, o conhecimento sobre o tema e julgamento corretos, para a inserção de certo conceito em determinada classe, o que constituiu uma limitação ao desenvolvimento da Ontologia, que se conclui poder ser elaborada de diversas formas, consoante o julgamento de cada pessoa.

Depois de elaborada toda a estrutura da Ontologia, avaliou-se e validou-se a mesma, internamente, pelo processo de inferência, suportado pelo motor de inferência HerMiT 1.3.8, integrado no Protégé e pelo processo de consultas com linguagem SPARQL, também integrado na mesma ferramenta. O motor de inferência permitiu inferir novas relações entre classes e instâncias, atribuindo a título de exemplo, um bombeiro a um incêndio num hotel, através dos axiomas introduzidos nos elementos intervenientes nesta situação. É de salientar a extrema importância da escolha da característica da propriedade, pois é esta que permite raciocinar sobre novo conhecimento, sem gerar erros, ou conclusões desnecessárias, o que nem sempre sucedeu neste trabalho, devido à característica simétrica de algumas propriedades, conforme os exemplos descritos na validação da Ontologia.

Após o processo de inferência, elaboraram-se consultas SPARQL, que permitiram avaliar a consistência da Ontologia e retornar a informação pretendida pelo utilizador, através dos triplos padrão RDF, cuja missão é proporcionar aconselhamento aos envolvidos na Gestão de Emergências, embora se tenha verificado que apenas é retornado aquilo que é introduzido como uma verdade, não sendo capaz de julgar, por exemplo, qual o meio disponível para uma operação, se não for introduzido nesse meio essa disponibilidade. Estas consultas permitiram refinar o modelo, consoante as respostas dadas eram satisfatórias ou não. De uma maneira geral, os resultados obtidos no processo de inferência e as consultas SPARQL foram adequadas ao expectável, tendo em conta o parco conhecimento inicial sobre a área da Gestão de Emergências, tendo constituído a maior dificuldade, o reconhecimento de que informação e conhecimento era relevante para a elaboração deste trabalho e que relações eram possíveis.

Em suma, o propósito desta dissertação foi alcançado, ainda que seja um protótipo com potencial para melhoria, constituindo uma ferramenta crucial de aconselhamento aos decisores, que permite respostas rápidas e eficazes a questões inerentes à temática da Gestão de Emergências, para um planeamento eficaz de resposta a catástrofes e situações complexas de qualquer natureza, nunca esquecendo que o intuito destas ferramentas visa salvar o maior número possível, de pessoas e bens.

Trabalho Futuro

Na presente dissertação foi desenvolvida uma Base de Conhecimento, embora não tenha sido possível a recolha de toda a informação necessária, devido à vasta quantidade e variedade de termos existentes. Deste modo, a principal proposta para trabalho futuro, consiste no aprimoramento da Ontologia, refinando o modelo ao acrescentar/modificar as classes, instâncias e propriedades.

No entanto, sugerem-se outras propostas de trabalho futuro:

- Avaliação e Validação da Base de Conhecimento, por um painel de peritos, através de determinados métodos (*e.g.*, questionários);
- Integração da Base de Conhecimento no Sistema Inteligente para a Gestão de Emergências, THEMIS;

- Reuso da Ontologia, eliminando as instâncias inseridas para os testes e acrescentando novas;
- Integração de uma base de dados relacional, que introduza instâncias e dados na Ontologia, sem que seja necessária a inserção diretamente na ferramenta ou desenvolvimento de uma ferramenta para a criação de novas instâncias, que permita classificar qualquer novo documento inserido num repositório da organização, de acordo com as classes da Ontologia;
- Desenvolvimento de um mecanismo de busca de conhecimento em bases de dados, de forma semiautomática e automática, incrementando na base de dados relacional ou diretamente na Ontologia;
- Colaboração com outras aplicações deste domínio;
- Desenvolvimento de uma interface intuitiva, que permita aos utilizadores pesquisar as informações necessárias, sem que manuseiem a ferramenta que elaborou a Ontologia.

Referências Bibliográficas

- ACKOFF, R. L. (1999), *Re-Creating Corporation*, Nova Iorque, Oxford University Press.
- ALATRISH, E. (2013), "Comparison Some of Ontology Editors", *Management Information System*, vol 8, pp. 18-24.
- ANPC (2015), *Norma Operacional Permanente 3101*, Autoridade Nacional de Proteção Civil.
- BAADER, F., HORROCKS, I., SATTLER, U. (2003), "Description logics as ontology languages for the semantic web", *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Springer, pp. 228-248.
- BASKERVILLE, R., PRIES-HEJE, J. (2010), "Explanatory Design Theory", *Business and Information Systems Engineering*, pp. 271-282.
- BELOW, R., WIRTZ, A., GUHA-SAPIR, D. (2009), *Disaster Category Classification and Peril Terminology for Operational Purposes*, Bruxelas: CRED.
- BERNERS-LEE, T., HENDLER, J., LASSILA, O. (2001), "The Semantic Web", *Scientific American*, pp. 29-37.
- BRATT, S. (2006), "Semantic Web and Other W3C Technologies to Watch", *World Wide Web Consortium*, consultado em 24 de junho de 2017, de <https://www.w3.org/2006/Talks>.
- CEN (2004), European Guide to Good Practice in Knowledge Management-Parte 1: Knowledge Management Framework . *European Committee for Standardization*. Bruxelas.
- CORCHO, O., GOMEZ-PEREZ, A. (2003), "Methodologies, Tools and Languages for Building Ontologies: Where is their meeting point?", *Data & Knowledge Engineering*, Madrid, Elsevier, pp. 41-64.
- CORREIA, A., SEVERINO, I., NUNES, I.L., SIMÕES-MARQUES, M. (2018), Knowledge Management in the development of an Intelligent System to support Emergency Response, in *Advances in Human Factors and System Interactions*, Nunes IL (ed) (Proc. Conf on Human Factors and System Interactions, July 17-21, 2017, Los Angeles, California, USA) pp. 109-120. Serie Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer (DOI 10.1007/978-3-319-60366-7_11).
- CRED (2009), *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*, Bruxelas: EM-DAT The International Disaster Database, consultado em 25 de fevereiro de 2017, de <http://www.emdat.be/database>

- DALKIR, K. (2005), *Knowledge Management in Theory and Practice*, Amesterdão, Elsevier.
- DPKO (2008), United Nations Peacekeeping Operations. Principles and Guidelines, *Department of Peacekeeping Operations*, Nova Iorque.
- EMD, M. (1998), *Local Emergency Management Standards*, Michigan Department of State Police.
- EVANS, M. M., DALKIR, K., BIDIAN, C. (2014), "A Holistic View of the Knowledge Life Cycle: The Knowledge Management Life Cycle (KMC) Model", *Electronic Journal of Knowledge Management*, Volume 12, edição 2.
- FEMA (s.d.), *Emergency Management in the United States*, consultado em 15 de junho de 2017, disponível em <https://training.fema.gov/emiweb>.
- FEMA. (s.d.), *FEMA's Mission Statement*, Boston, consultado em 30 de maio de 2017, disponível em <https://www.fema.gov/media-library/assets/videos/80684>
- FIRESTONE, J. M., e MCELROY, M. W. (2003), *Key Issues in the New Knowledge Management*, Burlington: MA: KMCI Press/Butterworth Heinemann.
- GRUBER, T. R. (1993), "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications", *Knowledge Acquisition*.
- GUARINO, N. (1998), *Formal Ontology and Information Systems*, Amesterdão, IOS Press.
- HADDOW, G. D., BULLOCK, J. A. (2008), *Introduction to Emergency Management*, Butterworth-Heinemann Homeland Security Series.
- HEISIG, P. (2009), "Harmonisation of knowledge management – comparing 160 KM frameworks around the globe", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 13 (4), 4-31. DOI:<https://doi.org/10.1108/13673270910971798>
- HEVNER, A. R., MARCH, S., PARK, J., RAM, S. (2004), *Design science in information systems research*, MIS Quarterly, pp. 75-105
- HOKSTAD, H. (2015), *Ontology based study planning and Classification of University Subject*, Faculty of Engineering, University of Agder.
- HORRIDGE, M. (2011), *A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools*, Manchester, The University Of Manchester.
- IRDR. (2014), *Peril Classification and Hazard Glossary*, Pequim, IRDR DATA.
- ISO. (2007), "Societal Security - Guideline for incident preparedness and operational continuity management", *International Organization For Standardization*, Genebra.

- JONG, W. R., TING, Y. H., LI, T. C., e CHEN, K. Y. (2013), "An integrated application for historical knowledge management with mould design navigating process", *International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 11, Londres, Taylor & Francis, pp. 3191–3205.
- KENDAL, S. L., e CREEN, M. (2007), *An Introduction to Knowledge Engineering*, Londres, Springer-Verlag.
- KING, D. J. (2005), Humanitarian Knowledge Management, *Second International ISCRAM Conference*, Bruxelas, US Department of State, Humanitarian Information Unit.
- KIRYAKOV, A. (2006), "Ontologies for knowledge management", Em J. e. DAVIES, *Semantic Web Technologies: trends and research in ontology-based systems* (pp. 115-138), Chichester, John & Wiley.
- MAIO, C., FENZA, G., GAETA, M., LOIA, V., e ORCIUOLI, F. (2011), "A knowledge-based framework for emergency DSS", *Knowledge-Based Systems*, pp. 1372-1379.
- MARCH, S. T., e SMITH, G. (1995), "Design and Natural Science Research On Information Technology", *Decision Support Systems*, pp. 251-266.
- MOE, T., GEBAUER, F., SENTZ, S., e MUELLER, M. (2007), "Balanced Scorecard for Natural Disaster", *Disaster Prevention and Management*, pp. 785-806.
- MURPHY, T., e JENNEX, M. (2006), "Knowledge Management, Emergency Response, and Hurricane Katrina", *International Journal of Intelligent Control Systems*.
- NONAKA, I., e KONNO, N. (1998), "The Concept of "Ba": Building a Foundation for Knowledge Creation", *California Management Review*, 40(3).
- NONAKA, I., e TAKEUCHI, H. (1995), *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Nova Iorque, Oxford University Press.
- NONAKA, I., e TOYAMA, R. (2003), "The knowledge-creating theory revisited: knowledge creation as a synthesizing process", *Knowledge Management Research & Practice*.
- NOY, N. F., e MCGUINNESS, D. L. (2001), *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*, Stanford University.
- NUNES DA SILVA, A. (2011), *O apoio humanitário: Contributos das forças Conjuntas e Combinadas*, Curso de Promoção a Oficial Superior, Instituto de Estudos Superiores Militares, Lisboa.
- NUNES, I. N., e SIMÕES-MARQUES, M. (2016), "Contributions to the Design of Knowledge Base Development Tools for Intelligent Systems", Em M. Soares, & F. Rebelo, *Ergonomics in Design Methods & Techniques*, CRC Press.

- PEFFERS, K., TUUNANEN, T., ROTHERNBERGER, M., e CHATTERJEE, S. (2008), "A Design Science Research Methodology for Information System Research", *Journal of Management Information Systems*, pp. 45-78.
- QUARANTELLI, E., LAGADEC, P., e BOIN, A. (2007), "A heuristic approach to future disasters and crises: new, old, and in-between types", Em H. Rodriguez, E. Quarantelli, & R. Dynes, *Handbook of disaster research* (pp. 16-41). Nova Iorque, Springer.
- RAMAN, M., RYAN, T., e OLFMAN, L. (2006), "Knowledge Management System for Emergency Preparedness: An Action Research Study", *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences*. , Kauai, IEEE.
- ROWLEY, J. (2007), "The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy", *Journal of Information Science*, 33(2), pp. 163-180.
- RUSSELL , S. J., e NORVIG, P. (1995), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, New Jersey: Prentice-Hall.
- SAHRI, Z., AZIZ, M. E., RAMLI, N., e CANDIA, R. (2016), "The Design and Implementation of Malaysian Indigenous Herbs Knowledge Management System based on Ontology Model", *Knowledge Management International Conference (KMICe)*.
- SARRAIPA, J. (2013), *Semantic Adaptability for the Systems Interoperability*, Dissertação de Mestrado, Almada, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa.
- SENEVIRATNE, K., AMARATUNGA, D., HAIGH, R., e PATHIRAGE, C. (2010), *Knowledge Management for Disaster Resilience: Identification of Key Success Factors*. University of Salford.
- SERBAN, B. (2013), *Science Based Decisions in Complex Emergencie Situations*, Constança, Romanian Naval Authority.
- SEVERINO, I., BICA, J., e RODRIGUES, R. (2016), Contributos para o problema de apoio à decisão em Operações de Resposta a Crises, *Jornadas do Mar*, Escola Naval. Almada.
- SIMÕES-MARQUES, e NUNES, I. (2013), "A Fuzzy Multicriteria Methodology to Manage Priorities and Resource Assignment in Critical Situations", Em S. I. Vasileios Zeimpekis (Ed.), *Humanitarian and Relief Logistics: Research Issues, Case Studies and Future Trends*, Nova Iorque, Springer.
- SIMÕES-MARQUES, M. (1999), *Sistema de Apoio à Decisão Difuso para a Gestão de Prioridades de Reparação de Equipamentos e Afectação de Recursos, em Navios, em Situação de Combate*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Lisboa.

- SIMÕES-MARQUES, M., e NUNES, I. L. (2012), *Gestão de Emergência, Desafios e Impactos do conceito Comprehensive Approach*.
- STUDER, R., BENJAMINS, B. R., e FENSEL, D. (1998), *Knowledge Engineering: Principles and Methods, Data & Knowledge Engineering*.
- TAKEUCHI, H. (2006), "The new dynamism of the Knowledge-Creating Company", *Japan Moving Toward a More Advanced Knowledge Economy: Advanced Knowledge—Creating Companies*, Hirotaka Takeuchi e Tsutomu Shibata. Washington, D.C.: World Bank Institute (WBI), 2006.
- THEMIS, P. p. (2014), *disTributed Holistic Emergency Management Intelligent System*.
- TURBAN, E., ARONSON, J. E., e LIANG, T. (2007), *Decision Support Systems and Intelligent Systems (7th edn ed.)*, Prentice-Hall of India, Inc.
- UNISDR (2009), *Terminology on Disaster Risk Reduction, United Nations International Strategy for Disaster Reduction*.
- UNOCHA (2006), *UNDAC HANDBOOK*, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Geneva.
- UNOCHA. (2015a), *INSARAG Guidelines - Preparedness and Response*, Obtido em 29 de novembro de 2016, de www.insarag.com
- UNOCHA. (2015b), *UN-CMCoord Field Handbook*, United Nations Humanitarian Civil-Military Coordination, Geneva.
- VAISHNAVI, V., e KUECHLER, W. (2015), *Design Science Research Methods and Patterns. Innovating Information and Communication Technology (2 ed.)*, Boca Raton: CRC Press.

Apêndices

Apêndice A - Diagrama UML

Apêndice B - Editor de Ontologias Protégé 5.1.0

Apêndice C - Tabela de Propriedades de Objetos

Apêndice D - Tabela das Propriedades de Dados

Apêndice E - Hierarquia de classes

Apêndice A – Diagrama UML

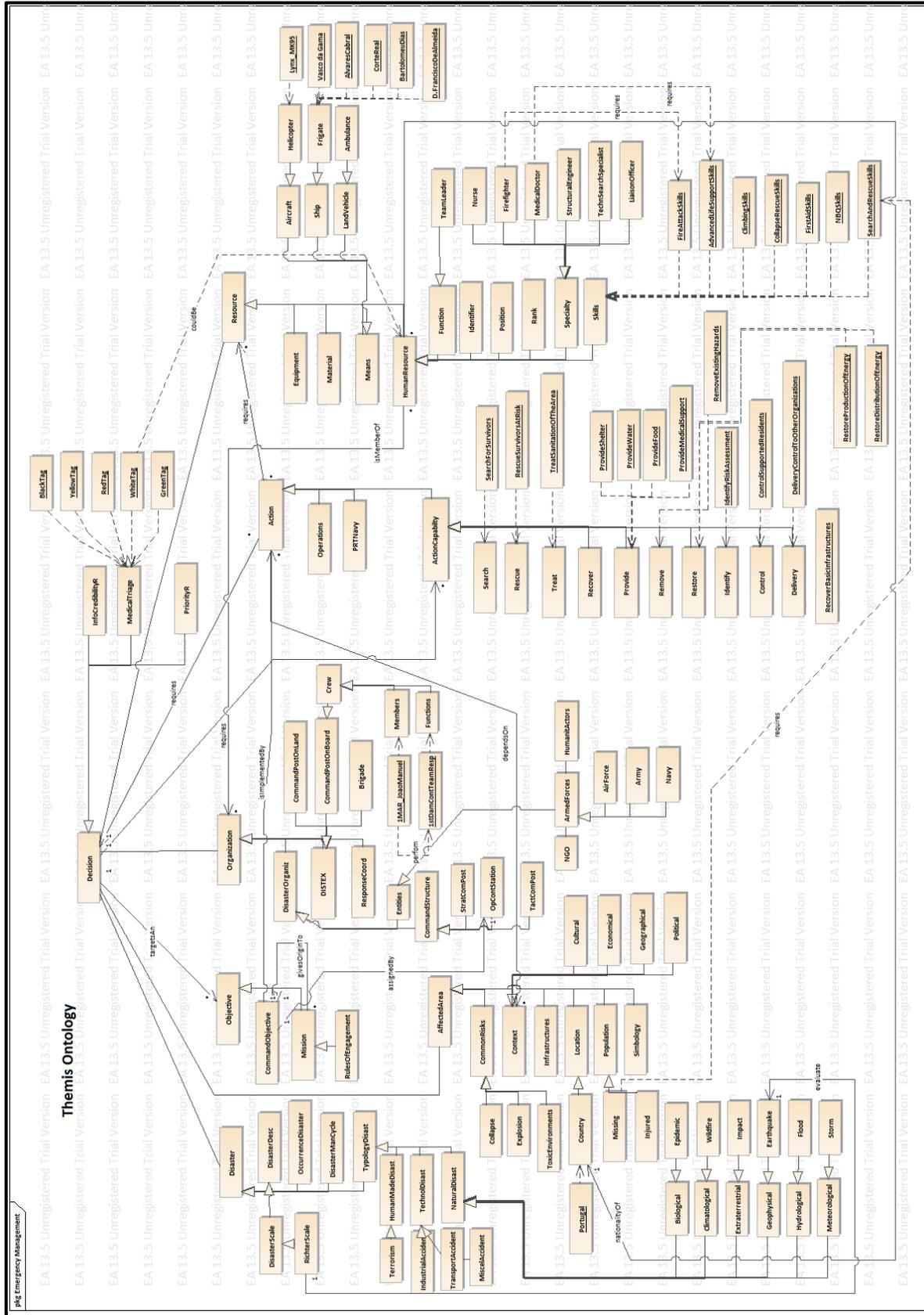


Figura 77 - Diagrama UML

Apêndice B – Editor de Ontologias Protégé 5.1.0

Este apêndice tem como objetivo a explicação das funcionalidades do editor de Ontologias, Protégé 5.1.0. Através desta ferramenta, é possível criar as classes, propriedades das classes, bem como as suas instâncias e recorrer a processos de inferência.

Classes

Uma classe, como um conjunto que contem instâncias, é uma descrição que especifica com precisão os requisitos para que algo faça parte desta (*e.g.*, *Disaster*), pertencendo todas as classes à superclasse *owl:Thing* (1).

Na ferramenta Protégé, é possível criar as classes e subclasses através do separador *Entities* (ilustrado na Figura 78 como a caixa a vermelho), que é o ponto fulcral na construção da Ontologia, pois a partir deste separador, exploram-se classes, propriedades e instâncias.

Em 1, criam-se as subclasses de *owl:Thing*, e as suas classes irmãs (*sibling class*).

Em 2, é possível atribuir significado a uma classe, criando-se comentários na caixa *Annotation*.

Em 3, adicionam-se descrições da classe, ou axiomas, cuja função é atribuir veracidade às relações e condições impostas neste campo. Alguns axiomas que podem ser criados são: classes equivalentes (*Equivalent To*), restrições nas classes através de expressões (*Subclass Of*), Instâncias (*Instances*), classes disjoint (*Disjoint With*), entre outras.

Os axiomas utilizados na construção da Ontologia, na presente Dissertação são as restrições de classes, que serão detalhadas adiante, as instâncias, que serão detalhas adiante e as classes *Disjoint*, que significam a impossibilidade de terem a mesma instância em comum.

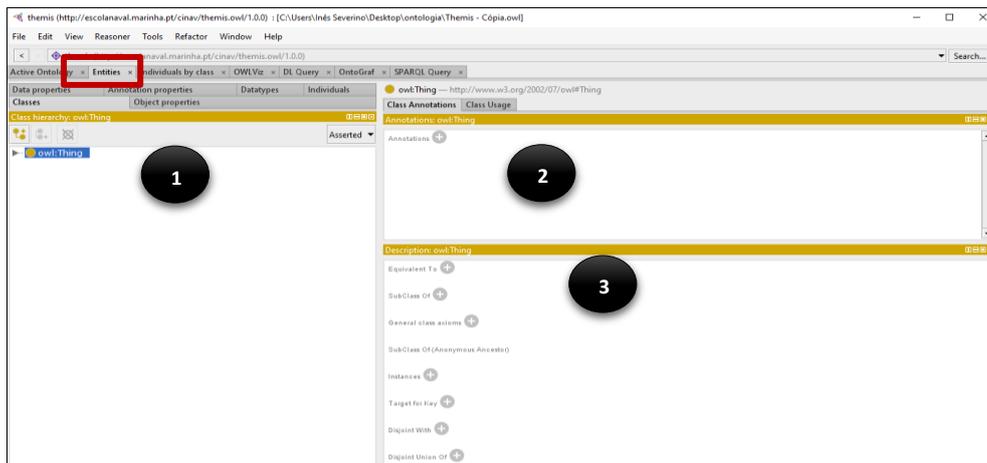


Figura 78 - Ambiente Protégé para criação de classes

Instâncias

As instâncias representam objetos no domínio de interesse, sendo na prática os indivíduos pertencentes às classes (4).

Estas instâncias (5) são introduzidas manualmente no Protégé 5.1.0, através do separador *Individuals by Class*, como ilustra a Figura 79, pela seguinte sequência: i) seleção da classe à qual pertence a instância, ii) criação da instância, iii) atribuição de propriedades às instâncias. Estas propriedades, denominadas *Property Assertions* (8) são axiomas que declaram algo sobre um ou mais objetos (indivíduos) concretos na hierarquia de classes, nomeadamente *Object Property Assertions*, *Data Property Assertions*, *Negative Object Property Assertions* e *Negative Data Property Assertions*.

Em 7, é também possível atribuir outros axiomas, como *Same Individual As*, que se traduz na atribuição do mesmo significado a duas instâncias diferentes, permitindo ao *reasoner* inferir que se trata da mesma instância.

Por último, é também possível, como nas classes, atribuir significado às instâncias através de comentários, na janela *Annotations* (6)

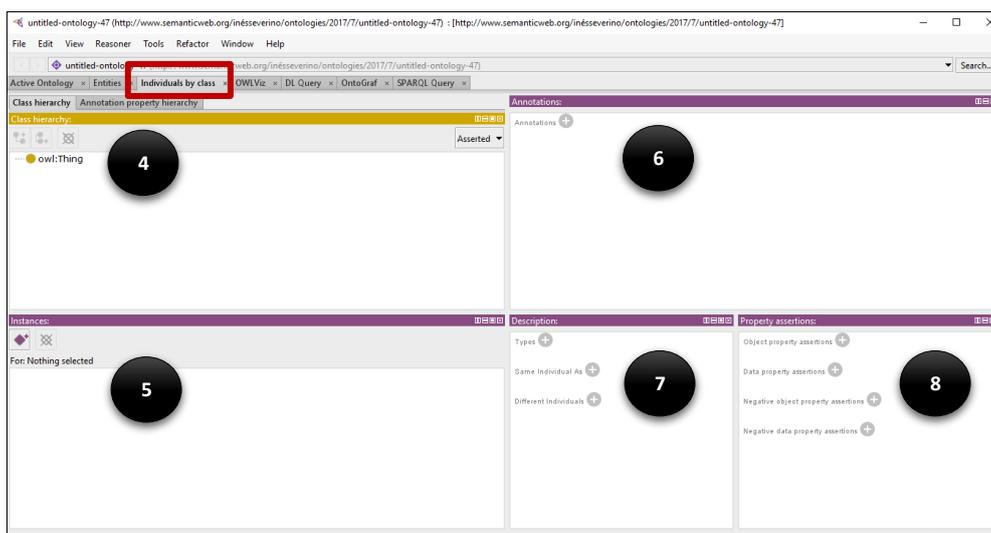


Figura 79 - Ambiente Protégé para criação de instâncias

Propriedades

Uma propriedade é um verbo que expressa uma ação, estado, intensidade, ou outro tipo de relações entre os indivíduos, relacionando objetos com outros objetos (relação binária entre instâncias).

Existem duas categorias de propriedades: *Object Property* e *Datatype Property*. As *Object Properties*, propriedades de objetos, definem como duas instâncias se relacionam entre si (e.g., instância a belongsTo instância b). As *Data Properties* são as propriedades dos dados (e.g., idade, nome), de uma dada instância, que não têm relação nenhuma com outras, relacionando assim os objetos com os valores de dados, definidos em termos de tipos de dados (e.g., date, integer, real, string).

As Figuras 80 e 81 ilustram os ambientes de criação destas propriedades.

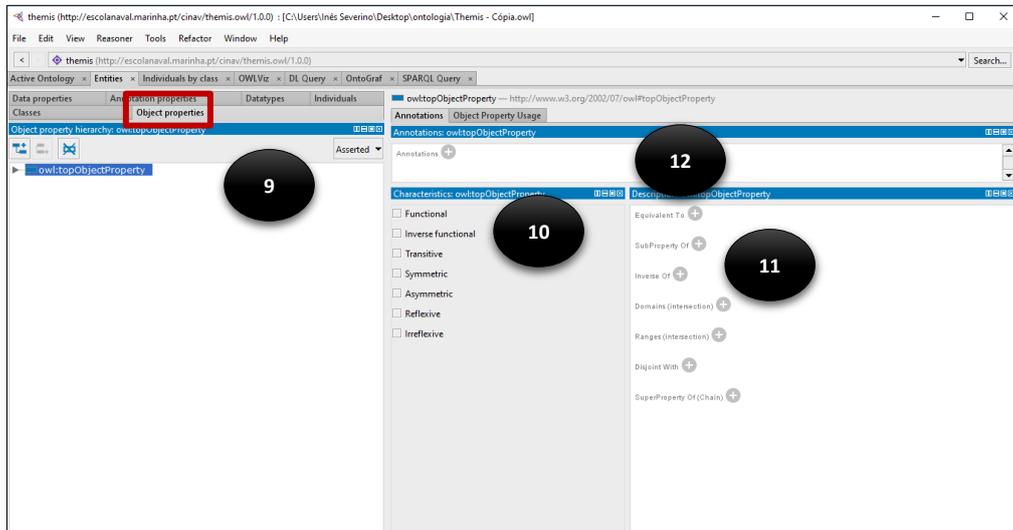


Figura 80 - Ambiente Protégé para a criação de *Object Properties*

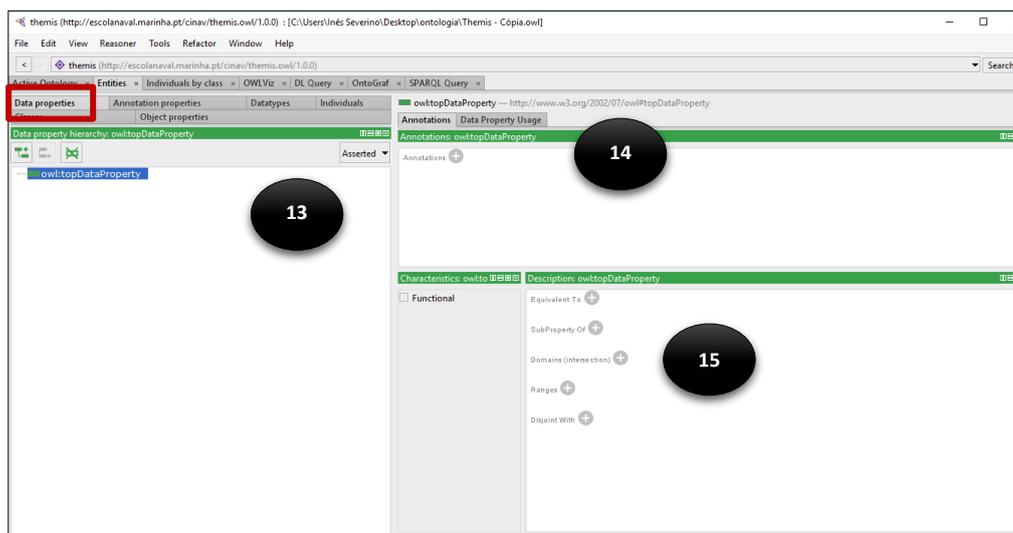


Figura 81 - Ambiente Protégé para a criação de *Data Properties*

Para a criação destas propriedades, recorre-se aos subseparadores *Object Properties* (9) e *Data Properties* (13), que estão contidos no separador *Entities*, sendo possível em ambos, a criação de *sub-properties* (9 e 13).

Relativamente às *Object Property*, a linguagem OWL permite enriquecê-las através de algumas características, que se seguem (10):

⇒ Propriedade Funcional: um determinado individuo pode relacionar-se apenas com outro individuo através da mesma propriedade.

- ⇒ Propriedade Funcional Inversa: Uma propriedade é funcional inversa se a sua inversa for funcional.
- ⇒ Propriedade Transitiva: se a propriedade P relaciona um individuo a com um individuo b, e o individuo b com um individuo c, então o individuo a relaciona-se com o individuo c, através da propriedade P.
- ⇒ Propriedade Simétrica: se a propriedade P relacionar o individuo a com o individuo b, então o individuo b relaciona-se com o individuo a, através da mesma propriedade.
- ⇒ Propriedade Assimétrica: se a propriedade P relacionar o individuo a com o individuo b, então o individuo b não se pode relacionar com o individuo a, através da propriedade P.
- ⇒ Propriedade Reflexiva: é uma propriedade de um objeto capaz de se relacionar com ela própria e com outros indivíduos.
- ⇒ Propriedade Irreflexiva: só pode associar um indivíduo a outro indivíduo diferente.

Em 11, tal como na criação das classes, é possível adicionar descrições às propriedades sob forma de axiomas. Alguns axiomas que podem ser criados são: propriedades equivalentes (*Equivalent To*), restrições nas propriedades (*SubProperty Of*), domínios (*Domains*), alcances (*Ranges*), propriedades inversas (*Inverse of*) e propriedades *disjoint* (*Disjoint With*), entre outras.

As *Object Properties* usualmente têm um domínio (primeiro argumento) e um alcance (segundo argumento) e podem conter uma correspondência inversa, ou seja, se uma propriedade ligar uma instância X a uma instância Y, a sua propriedade inversa, liga a instância Y à instância X.

Relativamente às propriedades *disjoint*, significa que duas ou mais propriedades não se podem relacionar com o mesmo par de indivíduos.

Por último, é também possível atribuir significado a estas propriedades, através da janela *Annotations* (12 e 14).

Restrições

As restrições são axiomas adicionais, que se incrementam nas classes e propriedades, permitindo relacioná-las.

São criadas através da vista de Descrição de Classes – *Subclass Of – Object Restriction Creator*, como ilustrado na Figura 82 (16).

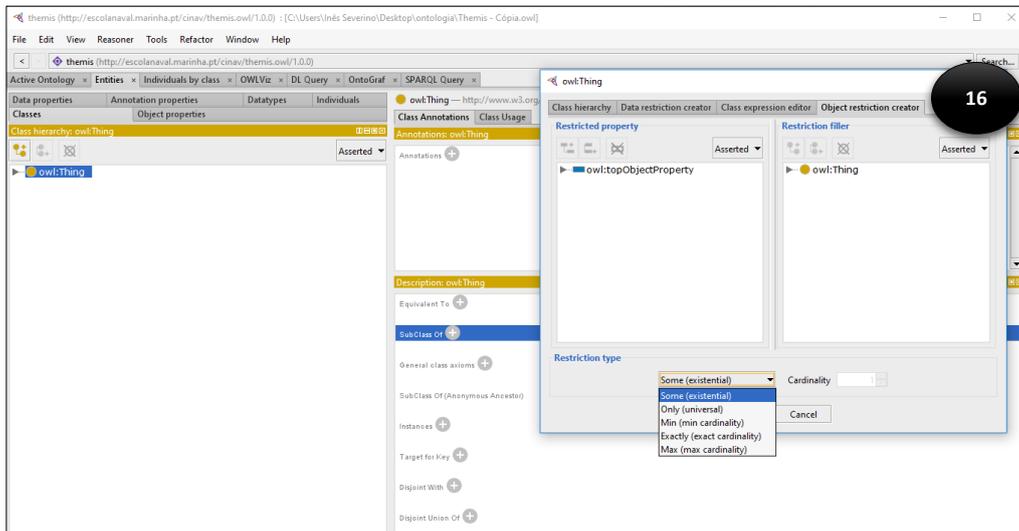


Figura 82 - Ambiente Protégé para a criação de restrições

Estas restrições são classificadas em duas categorias: Restrições de Quantidade e Restrições de Cardinalidade.

As restrições de quantidade são categorizadas como Restrições Existenciais e Restrições Universais. As Restrições Existenciais (*some*) descrevem classes de indivíduos que participam em pelo menos uma relação de propriedade específica com indivíduos que são membros de uma classe específica (em linguagem OWL, estas restrições são definidas como *someValuesFrom* – tem alguns valores do tipo especificado).

As Restrições Universais (*only*) descrevem classes de indivíduos, que considerando determinada propriedade, apenas podem ter esse tipo de relação com outros indivíduos que são membros de uma classe específica (em linguagem OWL, estas restrições são definidas como *allValuesFrom* – todos os valores pertencem ao tipo especificado).

As Restrições de Cardinalidade relacionam um individuo de uma classe com um específico (min, max, exactly) número de instâncias de outra classe.

É na janela 16, que também são inseridas as *Class Expression*, que definem classes em termos de outras classes, relacionam classes e indivíduos e até propriedades e indivíduos, utilizando operadores *and* e *or*, associados às restrições existenciais e universais, respetivamente.

Reasoner Hermit

Um das atividades mais comuns ligadas à Ontologia é o processo de raciocínio, efetuado através do *reasoner* Hermit já integrado no Protégé, que permite a classificação da Ontologia, automaticamente. Este processo, também denominado inferência, permite que o conhecimento seja inferido por humanos ou computadores, testando e verificando a consistência da Ontologia.

Após o *reasoner* terminar o processo de classificação, é necessário recorrer ao separador *Entities – Inferred class hierarchy*, de modo a que as classes não satisfeitas apareçam a vermelho.

Também existem outros *reasoner* como o Pellet ou FaCT++, que estão disponíveis para *download*.

A Figura 83 ilustra a seleção do *reasoner* no menu.

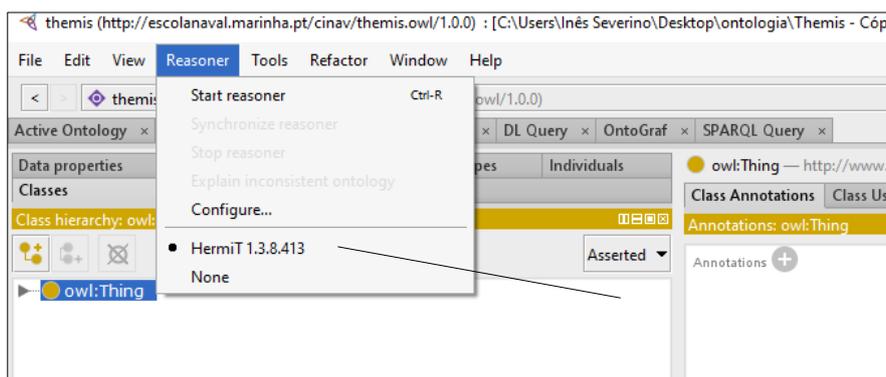


Figura 83 - Reasoner Hermit 1.3.8

Ferramentas de Visualização

Como ferramentas de visualização, o Protégé 5.1.0 disponibiliza o OWL Viz e o OntoGraf.

- **OWL VIZ**

A ferramenta OWL Viz (17) foi desenvolvida para ser utilizada no editor Protégé, constando no pacote, no entanto para que este *plug-in* funcione corretamente, é necessário o *download* da versão mais recente do software GraphViz, uma ferramenta grátis e de código aberto, que é um software de visualização de gráficos (representa informações estruturais como diagramas de gráficos e redes abstratas).

Esta ferramenta permite visualizar graficamente a hierarquia de classes, permitindo fazer filtros das camadas que se deseja ver e pode guardar os gráficos nos formatos PNG e JPEG.

A Figura 84 ilustra um excerto da hierarquia de classes visualizado no OWLViz.

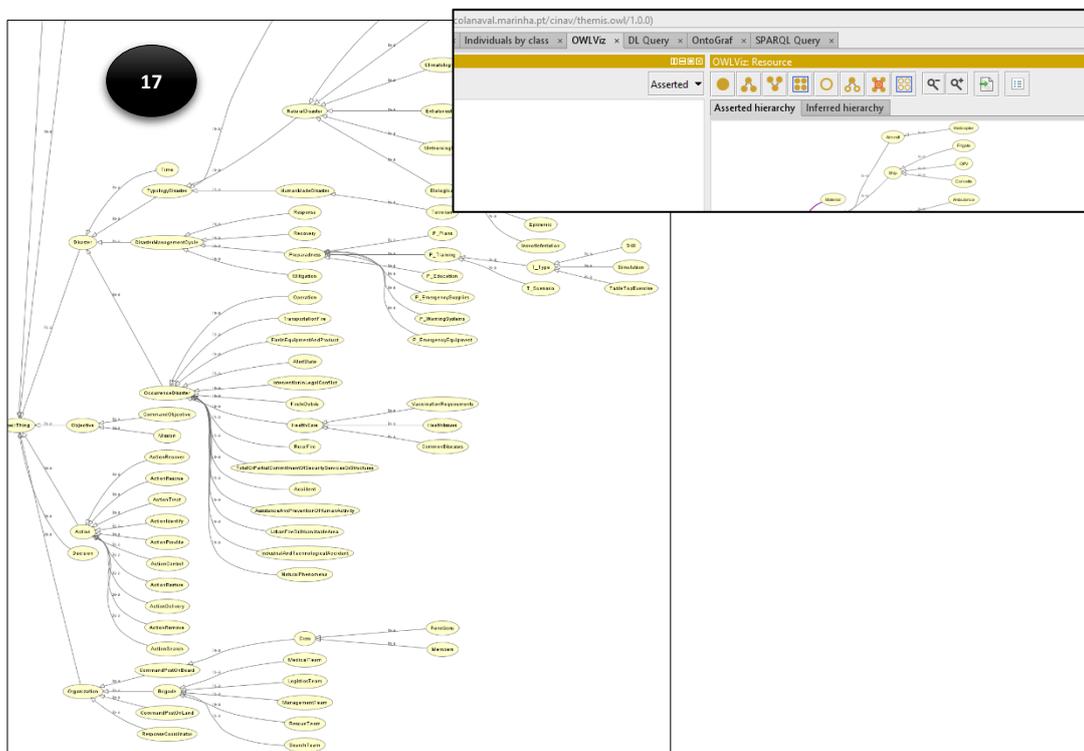


Figura 84 - OWL VIZ

- **OntoGraf**

A ferramenta OntoGraf, oferece suporte para navegar interactivamente nas relações da Ontologia OWL (17), existindo diversos *layouts* para organizar automaticamente a estrutura da mesma. Diversas relações são suportadas como: subclasses, instâncias, propriedades dos objetos e equivalências. As relações e os tipos de nós podem ser filtrados (19) consoante a visão que o utilizador necessita.

A Figura 85 ilustra o separador OntoGraf.

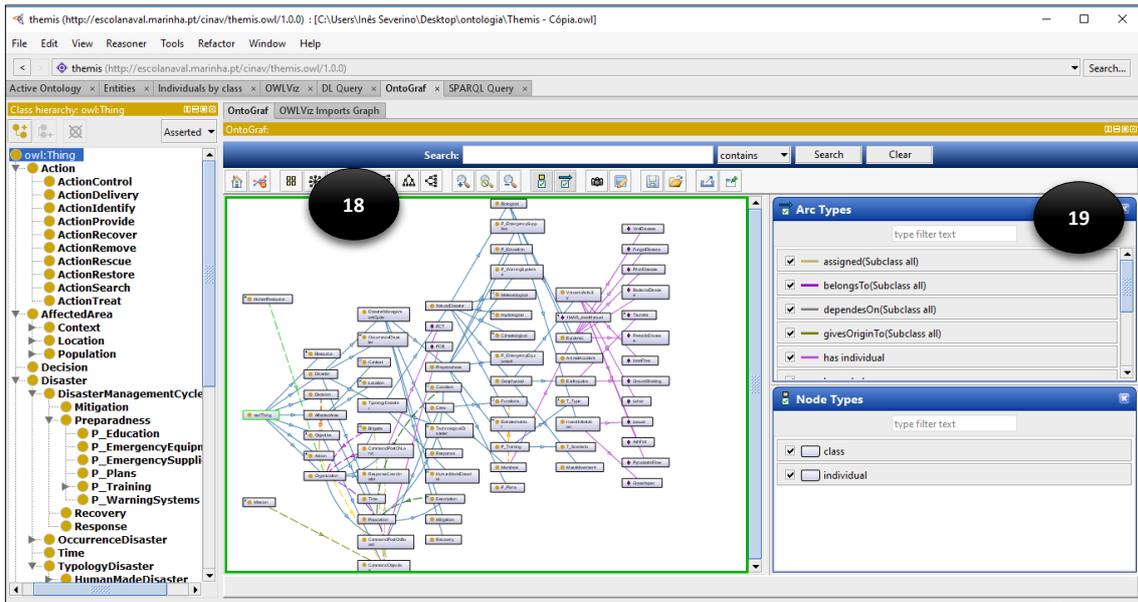


Figura 85 - OntoGraf

Apêndice C – Tabela de Propriedades de Objetos

Tabela 7 - Propriedades de objetos e relações

Conceito	Propriedade do Objeto	Inversa de/ Característica	Conceito	Obs.	
ExtremePriority <small>²⁶</small>	assign	assignedBy Assimétrica	TechnicalSearch Specialist1	Esta propriedade atribui o conceito A ao conceito B.	
OperationalControlStation			CommandObjective		
TacticalCommandPost					
CommandObjective	assignedby	Assign Assimétrica	OperationalControlStation	Esta propriedade é atribuída pelo conceito A ao conceito B.	
TechnicalSearchSpecialist1			TacticalCommandPost		
			ExtremePriority		
CommandPostOnLand	belongsTo	has Assimétrica	Organization	Esta propriedade determina que o conceito A pertence ao conceito B.	
CommandPostOnBoard					
Brigade					
OperationalControlStation					
TacticalCommandPost					
StrategicCommandPost					
1MAR_JoaoManuel					BartolomeuDias
Medic1					MedicalTeam1
MedicalDoctor					MedicalT
Nurse					
Paramedic					
Physician					
Psychologist					
HumanResource	couldBe	Simétrica	WhiteTag	Esta propriedade determina que o conceito A pode vir a ser o conceito B, neste caso, se a Joana for considerada bem de saúde, pode ajudar com as suas capacidades.	
Joana			Nurse		
WhiteTag			HumanResource		
			AirForce		
ArmedForces			Army		
			MarinesOrAmphibiousF		
	Navy				
Earthquake1	damaged	Assimétrica	AlmadaSchool	Esta propriedade determina que o conceito A danificou o conceito B.	

²⁶ A negrito encontram-se as instâncias.

Action	dependsOn	Assimétrica	Context	Esta propriedade determina que o conceito A depende do Conceito B.
ArmedForces			RulesOfEngagement	
ExtremePriority	evaluate	isEvaluatedBy Assimétrica	AlmadaSchool	Esta propriedade determina que o Conceito A avalia o Conceito B.
HighPriority			IndustrialExplosion	
LowPriority			CarCollision	
ModeratePriority			IndustrialGasLeak	
VeryHighPriority			Poisoning	
RichterScale			Earthquake	
StructuralEngineer			TotalOrPartialCommitmentOfSecurityServicesOrStructures	
Mission	givesOriginTo	Simétrica	CommandObjective	Esta propriedade determina que o Conceito A dá origem ao Conceito B.
AlmadaSchool	has	belongsTo Assimétrica	30_Child	Esta propriedade determina que o Conceito A contem o Conceito B.
BartolomeuDiass			1MAR_JoaoMauel	
Firefighter1			IndividualMedicalKit	
			IndividualMissionKit	
Organization			CommandPostOnLand	
			CommandPostOnBoard	
			Brigade	
			OperationalControlStation	
			TacticalCommandPost	
MedicalT			StrategicCommandPost	
			Physician	
			Nurse	
			Psychologist	
	Paramedic			
			MedicalDoctor	
Organization	hasMembers	isMemberOf	HumanResource	Esta propriedade determina que o Conceito A tem como membros o Conceito B.
BlackTag	hasPriority	isPriorityFor Assimétrica	NonPriority	Esta propriedade determina que o Conceito A tem a prioridade Conceito B.
GreenTag			ModeratePriority	
RedTag			ExtremePriority	
WhiteTag			LowPriority	

YellowTag			HighPriority	
Joana	hasSkills	Transitiva	AdvancedLifeSupportSkills	Esta propriedade determina que o Conceito A tem as capacidades descritas pelo Conceito B.
Paramedic1			EmergencyMedicalSkill	
TechnicalSearchSpecialist1			CollapseRescueSkill	
HotelFire	is	Assimétrica	CloseAccident	Esta propriedade determina que o Conceito A é o Conceito B.
SnowOrIce	isCharacteristicOf	Funcional	HighAltitudeMountains	Esta propriedade determina que o Conceito A é característica do Conceito B.
AlmadaSchool	isEvaluatedBy	evaluate	ExtremePriority	Esta propriedade determina que o Conceito A é avaliado pelo Conceito B.
CarCollision			LowPriority	
Earthquake			RichterScale	
Earthquake1			Strong	
Joana			WhiteTag	
TotalOrPartialCommitmentOfSecurityServicesOrStructures			StructuralEngineer	
Condition Description	isFeatureOf	Assimétrica	Population	Esta propriedade determina que o Conceito A é um aspecto do Conceito B.
CommandObjective	isImplementedBy	Simétrica	Action	Esta propriedade determina que o Conceito A é implementado pelo Conceito B.
HumanResource	isMemberOf	hasMembers Assimétrica	Organization	Esta propriedade determina que o Conceito A é membro do Conceito B.
Medic			MedicalTeamD	
1stDamControlTeamResponse	isPerformedBy	perform	1MAR_JoaoManuel	Esta propriedade determina que o Conceito A é executado pelo Conceito B.
Functions			Members	
ExtremePriority	isPriorityFor	hasPriority	RedTag	Esta propriedade determina que o Conceito A é prioridade para o Conceito B.
HighPriority			YellowTag	
LowPriority			WhiteTag	
ModeratePriority			GreenTag	
NonPriority			BlackTag	
Ambulance1	isRequiredFor	requires	Paramedic1	Esta propriedade determina que o Conceito A é requerido pelo Conceito B.
Firefighter1			CarCollision	
			HotelFire	
			CloseAccident	

FireTruck1			CloseAccident	
Paramedic1			CarCollision	
RescueTechnician1			DrowningInALake	
WaterAndIceRescueSkill				
AlvaresCabral	nationalityOf	Assimétrica	Portugal	Esta propriedade determina que o Conceito A da nacionalidade do Conceito B.
AntonioEnes				
BartolomeuDias				
CorteReal				
D.FranciscoDeAlmeida				
FigueiraDaFoz				
JacintoCândido				
JoaoRoby				
Lynx_MK95				
VascoDaGama				
VianaDoCastelo				
HumanResource				
Ship				
DisasterManagementCycle	needs	Assimétrica	HumanResource	Esta propriedade determina que o Conceito A necessita do Conceito B.
Firefighter1			Sledgehammer	
HotelFire			Rakes	
HumanResource			Extinguishers	
Lynx_MK95			IndividualMissionKit	
LiaisonOfficer			IndividualMedicalKit	
Paramedic1			Pilot	
			MediaInteractionSkill	
	FirstAidBags			
Tsunami	occurredIn	Assimétrica	Portugal	Esta propriedade determina que o Conceito A ocorreu no Conceito B.
1MAR_JoaoMauel	perform	isPerformedBy Simétrica	1stDamControlTeamResponse	Esta propriedade determina que o Conceito A executa o Conceito B.
FireTruck2			FarAccident	
FireTruck3			VeryFarAccident	
Members			Functions	
ActionProvideMedicalSupport	provides	Simétrica	MedicalDoctor	Esta propriedade determina que o Conceito A proporciona o Conceito B.
AlvaresCabral			CommandAndControl	
Medic1			ActionProvideMedicalSupport	

Action			Resource	
BurnTreatment Skills			Medic1	
CarCollision			Ambulance1	
CloseAccident			Paramedic1	
Decision			FireTruck1	
DrowningInALake			Action	
Earthquake1			WaterAndIceRescueSkill	
FarAccident			TechnicalSearch Specialist1	
FireAttackSkills			FireTruck2	
			Firefighter1	
Firefighter1			FireTruck1	
			ForcibleEntrySkills	
			FireAttackSkills	
			SearchAndRescueSkills	
			UsingFireSkills	
			Firefighter1	
HotelFire			FireTruck1	
			FireAttackSkills	
Manuel			AdvancedLifeSupportSkills	
			BurnTreatment Skills	
			Medic1	
AdvancedLifeSupportSkills			Ambulance1	
Paramedic1			WaterAndIceRescueSkill	
RescueTechnician1			Skills	
UrbanFire			FireTruck3	
VeryFarAccident				
Decision	targetsAn	Simétrica	Objective	Esta propriedade determina que o Conceito A visa o Conceito B.
TechnicalSearchSpecialist1	toLookFor	Assimétrica	Missing	Esta propriedade determina que o Conceito procura o Conceito B.
			30_Child	

Apêndice D – Tabela das Propriedades de Dados

Tabela 8 - Propriedades de dados e relações

Conceito A	Propriedades dos Dados	Observação	Tipo
Country ²⁷	AffectedAreaDescription: n: FriendlyCountry HostileCountry	Atribui Friendly or Hostile Country ao Conceito A.	xsd:string
Population	PopulationExpected	Atribui nº de população ao Conceito A.	xsd:integer
TypologyDisaster: Earthquake1	DisasterDescription: Date	Atribui uma data ao Conceito A.	xsd:dateTime
	Duration	Atribui uma duração ao Conceito A.	xsd:decimal
	EventID	Atribui um ID ao Conceito A.	xsd:integer
	LocationType	Atribui um tipo de localização ao Conceito A.	xsd:string
	Magnitude	Atribui uma magnitude ao Conceito A.	xsd:string
	XCoordinate	Atribui a longitude - 8.14 ao Conceito A.	rdfs:Literal
	YCoordinate	Atribui a latitude 39.9 ao Conceito A.	rdfs:Literal
Great	EarthquakeMagnitude: hasMagnitude	Atribui a magnitude [≥ 8 , ≤ 8.9] ao Conceito A.	xsd:string
GreaterOrEpic		Atribui a magnitude [≥ 10] ao Conceito A.	
Light		Atribui a magnitude [≥ 4 , ≤ 4.9] ao Conceito A.	
Major		Atribui a magnitude [≥ 7 , ≤ 7.9] ao Conceito A.	
Micro		Atribui a magnitude [≥ 1 , ≤ 1.9] ao Conceito A.	
Minor		Atribui a magnitude [≥ 2 , ≤ 3.9] ao Conceito A.	
Moderate		Atribui a magnitude [≥ 5 , ≤ 5.9] ao Conceito A.	
Strong		Atribui a magnitude [≥ 6 , ≤ 6.9] ao Conceito A.	
ConfirmedByOtherSources	InformationCredibilityRatings: Rating	Atribui o rating 1 ao Conceito A	xsd:string
Doubtful		Atribui o rating 4 ao Conceito A.	
Improbable		Atribui o Rating 5 ao Conceito A.	

²⁷ A negrito encontram-se as propostas de associações às propriedades de dados criadas na Ontologia.

PossiblyTrue		Atribui o rating 3 ao Conceito A.	
ProbablyTrue		Atribui o rating 2 ao Conceito A.	
TruthCannotBeJudged		Atribui o rating 6 ao Conceito A.	
BlackTag	MedicalTriage: hasCode	Atribui o código Expectant ao Conceito A	xsd: string
GreenTag		Atribui o código Wait ao Conceito A	
RedTag		Atribui o código Immediate ao Conceito A	
WhiteTag		Atribui o código Dismiss ao Conceito A	
YellowTag		Atribui o código Observation ao Conceito A	
HumanResource	personDescription: allergies bloodType hasContact medicalIllnessAndMedication personHasAge personHasName	Atribui as propriedades ao Conceito A.	xsd: string
Population			
Firefighter1	ResourceDescription: GridPosition_R	Atribui a GridPosition_R B3 ao Conceito A	xsd: string
	Type	Atribui tipo de recurso ao Conceito A.	
Resource	XCoordinate_R	Atribui a longitude XCoordinate_R ao Conceito A.	rdfs: Literal
	YCoordinate_R	Atribui a longitude YCoordinate_R ao Conceito A.	
Teams	temDescription: numberOfMembers	Atribui nº de elementos ao Conceito A.	xsd:integer
	teamCountry	Atribui o país ao Conceito A.	xsd: string
	teamType	Atribui tipo de equipa ao Conceito A.	xsd: string

Apêndice E – Hierarquia de classes

Tabela 9 - Hierarquia completa de classes

<p>owl:Thing</p> <p>Action</p> <ul style="list-style-type: none"> ActionCapability ActionControl ActionDelivery ActionIdentify ActionProvide ActionRecover ActionRemove ActionRescue <ul style="list-style-type: none"> TechnicalRescueCapability <ul style="list-style-type: none"> CollapseRescue ConfinedSpaceRescue IndustrialAndAgriculturalRescue RopeRescue TrainRescue TrenchRescue VehicleRescue WaterAndIceRescue ActionRestore ActionSearch ActionTreat <p>Operations</p> <ul style="list-style-type: none"> CivilDefenseOrProtection DisasterManagement HumanitarianAssistance Peacekeeping <p>PRTNavy</p> <ul style="list-style-type: none"> AMNSupport CommandAndControl ForceProjection Oceanic Oceanographic PatrolAndSurveillance Submarine WarReserves <p>AffectedArea</p> <p>CommonRisks</p> <ul style="list-style-type: none"> Collapse CrushSyndrome Drowning Explosion Falls InhalationInjuries ToxicEnvironments <p>Context</p> <ul style="list-style-type: none"> Cultural <ul style="list-style-type: none"> OfficialLanguage Religion Economical Geographical Political Social <p>Infrastrucutres</p> <ul style="list-style-type: none"> Airport Bridge Building CommercialArea EvacueesCamp Hospital Library Museum NursingHome 	<ul style="list-style-type: none"> Geophysical <ul style="list-style-type: none"> Earthquake MassMovement VolcanicActivity Hydrological <ul style="list-style-type: none"> Flood Landslide WaveAction Meteorological <ul style="list-style-type: none"> ExtremeTemperature Fog Storm <ul style="list-style-type: none"> ConvectiveStorm Extra-TropicalStorm TropicalStorm TechnologicalDisaster <ul style="list-style-type: none"> IndustrialAccident MiscellaneousAccident <ul style="list-style-type: none"> Collapse Explosion RuralFire UrbanFire TransportAccident <ul style="list-style-type: none"> AirAccident RailAccident RoadAccident WaterAccident <p>Objective</p> <ul style="list-style-type: none"> CommandObjective Mission <ul style="list-style-type: none"> RulesOfEngagement <p>Organization</p> <ul style="list-style-type: none"> DisasterOrganization <ul style="list-style-type: none"> CommandStructure <ul style="list-style-type: none"> OperationalControlStation <ul style="list-style-type: none"> Command_Op LogisticsCell_Op ManagementCell_Op OperationsCell_Op SrategicCommandPost <ul style="list-style-type: none"> Command_S LogisticsCell_S ManagementCell_S OperationsCell_S TacticalCommandPost <ul style="list-style-type: none"> LogisticsCell_T ManagementCell_T MedicalCell OperationsCell_T <ul style="list-style-type: none"> RescueCell SearchCell <p>Entities</p> <ul style="list-style-type: none"> ArmedForces <ul style="list-style-type: none"> AirForce Army MarinesOrAmphibiousF Navy GO HumanitarianActors IO NGO NO RDC
--	--

<ul style="list-style-type: none"> OldBuilding Port Restaurant Road School TransportStation Tunnel Location <ul style="list-style-type: none"> LocationType <ul style="list-style-type: none"> Country District Region Representation <ul style="list-style-type: none"> Line Point Polygon Population <ul style="list-style-type: none"> Condition <ul style="list-style-type: none"> Death Health Homeless Incapacitated Injured Missing Pregnant Description <ul style="list-style-type: none"> Age <ul style="list-style-type: none"> Adult Baby Child Elderly Teenager Gender Simbology Decision <ul style="list-style-type: none"> InformationCredibilityRatings MedicalTriage PriorityRating Disaster <ul style="list-style-type: none"> DisasterDescription <ul style="list-style-type: none"> DisasterScales <ul style="list-style-type: none"> FujitaScale RichterScale SaffirSimpsonScale Distance DisasterManagementCycle Mitigation <ul style="list-style-type: none"> Preparadness <ul style="list-style-type: none"> P_Education P_EmergencyEquipment P_EmergencySupplies P_Plans P_Training <ul style="list-style-type: none"> T_Courses T_Scenario T_Type <ul style="list-style-type: none"> Drill <ul style="list-style-type: none"> Simulation TableTopExercise P_WarningSystems Recovery Response <ul style="list-style-type: none"> OccurrenceDisaster <ul style="list-style-type: none"> Accident AssistanceAndPreventionOfHumanActivity FireInDebris FireInEquipmentAndProduct HealthCare 	<ul style="list-style-type: none"> DISTEX <ul style="list-style-type: none"> Brigade <ul style="list-style-type: none"> LogisticsTeamD MedicalTeamD PublicRelationsTeamD ReconTeamD SARTeamD TechnicalTeamD CommandPostOnBoard <ul style="list-style-type: none"> Crew <ul style="list-style-type: none"> Functions Members CommandPostOnLand ResponseCoordinator Resource <ul style="list-style-type: none"> Equipment HumanResource <ul style="list-style-type: none"> Function <ul style="list-style-type: none"> TeamLeader Identifier Nickname Position Rank <ul style="list-style-type: none"> InternacionalResource <ul style="list-style-type: none"> Int_HeavyUSARTeam Int_MediumUSARTeam LocalResource <ul style="list-style-type: none"> FirstResponders TechnicalRescueTeam Volunteer NationalResource <ul style="list-style-type: none"> Nat_HeavyUSARTeam Nat_LightUSARTeam Nat_MediumUSARTeam Skills Specialty <ul style="list-style-type: none"> Carpenter CivilProtectionAuthorities CommunicationsSpecialist Conductor ConstructionWorker CoordinationOfficer DogHandler Electrician Firefighter HazardousMaterialsSpecialist HazmatSpecialist HeavyRiggingSpecialist LiaisonOfficer Logistician Mechanic MedicalDoctor Nurse Paramedic Physician Pilot PlanningOfficer Policeman Psychologist RescueTechnician SafetyOfficer StructuralEngineer TechnicalSearchSpecialist Technician TransportSpecialist Teams <ul style="list-style-type: none"> LogisticsT
---	---

<ul style="list-style-type: none"> CommonDiseases HealthIssues VaccinationRequirements IndustrialAndTechnologicalAccident InterventionInLegalConflict NaturalPhenomena Operation RuralFire TotalOrPartialCommitmentOfSecurityServicesOr TransportationFire UrbanFireOrUrbanizableArea TypologyDisaster HumanMadeDisaster <ul style="list-style-type: none"> TechnologicalDisaster_HM Terrorism NaturalDisaster <ul style="list-style-type: none"> Biological <ul style="list-style-type: none"> AnimalAccident Epidemic InsectInfestation Climatological <ul style="list-style-type: none"> Drought GlacialLakeOutburst Wildfire Extraterrestrial <ul style="list-style-type: none"> Impact SpaceWeather 	<ul style="list-style-type: none"> ManagementT MedicalT RescueT SearchT Material <ul style="list-style-type: none"> IndividualMedicalKit IndividualMissionKit OtherMaterialResources Means <ul style="list-style-type: none"> Aircraft <ul style="list-style-type: none"> Helicopter LandVehicle <ul style="list-style-type: none"> Ambulance Bus FireTruck FourWheelDrive Trailer Ship <ul style="list-style-type: none"> Corvette Frigate OPV
--	---

Anexos

Anexo A – Métodos manuais de aquisição de conhecimento

Anexo B – Modelo de Classificação de Ocorrências e estados de alerta, relacionadas com a Gestão de Emergências e assistência humanitária

Anexo C – Simbologia UNOCHA

Anexo D – Glossário de Termos da Gestão de Emergências

Anexo A - Métodos manuais de aquisição de conhecimento

Tabela 10 - Métodos manuais de aquisição de Conhecimento

MÉTODO	DESCRIÇÃO
Internet	Meio imprescindível para construção e manutenção de sistemas baseados no conhecimento. Permite aquisição e divulgação de grandes quantidades de conhecimento num curto espaço de tempo através de fronteiras organizacionais. A descrição de ontologias permite construir ferramentas de aquisição dentro das organizações utilizando intranet/internet, tal como navegadores HTML, de modo a que os usuários se familiarizem rapidamente com estes sistemas.
Entrevista	<u>Estruturada</u> : É um processo sistemático que deve ser orientado por metas, existindo uma comunicação organizada entre o perito e o KE. A estrutura reduz problemas de interpretação e permite reduzir a subjetividade do perito em determinado domínio. Técnicas de entrevista embora populares têm desvantagens como a imprecisão na recolha de informações e o ponto de vista dos entrevistadores. <u>Não estruturada</u> : Entrevistas conduzidas informalmente, apenas com um ponto de partida, sendo as mais comuns. Economiza tempo e ajuda a mover-se rapidamente para a estrutura do domínio. Ao entrevistar o perito, o KE aprende lentamente o que está a acontecer. Seguidamente, constrói uma representação do conhecimento nos termos do perito. O processo de aquisição de conhecimento, envolve a descoberta dos atributos do problema e explicita o processo de pensamento (geralmente regras), que o perito utiliza para interpretá-los.
Processo de seguimento e análise de protocolo	Registo passo-a-passo e documentação das tarefas realizadas pelo perito, gestão da informação e processo de tomada de decisão. Semelhante a entrevistas, no entanto mais formal e sistemático, em que o perito realiza a tarefa e verbaliza todo o processo, para posterior análise, interpretação e estruturação da representação do conhecimento por parte do KE. Envolve comunicação unidirecional.
Observação	Consiste em observar o perito no seu meio, sendo a abordagem mais óbvia e direta para aquisição de conhecimento. Desvantagem: o especialista pode trabalhar em diversos domínios, transmitindo conhecimento desnecessário. Dispendiosos em termos monetários e de tempo. Geralmente acompanha protocolos verbais.
Análise de casos	Peritos são questionados acerca da forma como lidaram com casos específicos no passado. Normalmente, este método envolve a análise da documentação. Além dos peritos, os utilizadores podem também ser questionados.
Gráficos e modelos conceptuais	Diagramas e outros métodos gráficos podem suportar outros métodos de aquisição. Um modelo conceptual pode ser utilizado para descrever como e quando o conhecimento do perito entrará num sistema especializado para executar determinada tarefa.
Brainstorming	Método utilizado para solicitar opiniões a peritos, gerando novas ideias.
Análise de incidentes críticos	Nesta abordagem apenas casos selecionados são investigados, Geralmente aqueles que são memoráveis, difíceis ou de interesse especial. Tanto os peritos como os inexperientes podem ser questionados.
Prototipagem	Trabalhar com um protótipo do sistema é uma abordagem poderosa para induzir os peritos a contribuir com os seus conhecimentos.
Discussão com utilizadores	Mesmo que os utilizadores não sejam peritos, podem possuir conhecimentos sobre alguns aspetos do problema.

Anexo B - Modelo de Classificação de Ocorrências e estados de alerta, relacionadas com a Gestão de Emergências e assistência humanitária, de acordo com CRED (2009) e ANPC (2015):

Natureza de Eventos: **Naturais**

Família de Eventos	Tipo de Evento Principal	Sub-Tipo de Evento	Sub-Sub Tipo de Evento
Geofísico	Terramoto	Tsunami	
		Incêndio após terramoto	
		Sismo	
	Movimento de Massas	Colapso de cavidades subterrâneas naturais	
		Deslizamento de Terras	
	Atividade Vulcânica	Queda de Cinzas	
		Liquefação	
		Fluxo de Lava	
		<i>Lahar</i>	
		Fluxo piroclástico	

Meteorológico	Tempestade	Tempestade Tropical		
		Tempestade Extra-Tropical		
		Tempestade Convectiva	<i>Derecho</i>	
			Congelamento	
			Relâmpagos/Trovões	
			Vento	
			Nevão	
			Surge	
			Tornado	
			Chuva	
	Tempestade de Areia/Poeira			
	Temperatura Extrema	Vaga de calor		
		Vaga de frio		
		Condições severas de inverno	Tempestade de Neve/gelo	
	Granizo			
	Nevoeiro	Geadas		

Hidrológico	Inundação	<i>Ice Jam Flood</i>		
		Inundação Costeira		
		Inundação Fluvial		
		Enxurrada		
	Deslizamento de terras	Avalanche	Neve	
			Detritos	
			Lama	
			Queda de rochas	
	Ação de Ondas	Onda Gigante		
		Seiche		
<i>Sinkhole</i>				
Solos expansivos				
Erosão Costeira				

Climatológico	Seca	Subsidência		
	<i>Glacial lake outburst</i>			
	Incêndio Descontrolado	Incêndio Florestal		
		Incêndio Urbano	<i>Brush</i>	
			<i>Bush</i>	
Pasto				

Biológico	Epidemia	Doenças Infecciosas Virais	
		Doenças Infecciosas Bacterianas	
		Doenças Infecciosas Parasitárias	
		Doenças Infecciosas Fúngicas	
		Doenças Infecciosas Priónicas	
	Infestação Insetos	Gafanhotos	
		<i>Grasshoper</i>	
	Incidentes com Animais		

Extra-Terrestre	Impacto Meteorito/Asteróide	Airburst	
		Colisão	
	Clima Espacial	Partículas Energéticas	
		Tempestade Geomagnética	
		Onda de Choque	
		Distúrbio por rádio	

Natureza de Eventos: Tecnológicos

Acidente Industrial e tecnológico	Químicos dentro de instalação		
	Colapso		
	Explosão		
	Biológicos em trânsito		
	Químicos em trânsito		

	Radiológicos em trânsito		
	Biológicos dentro de instalação		
	Fuga de Gás em conduta		
	Fuga de Gás em reservatório		
	Fuga de Gás em garrafa		
	Queda de Satélite		
	Radiológicos dentro de instalação		

Acidente com meios de transporte	Atropelamento Rodoviário		
	Colisão Rodoviária		
	Acidentes em veículos fora estrada		
	Despiste		
	Acidente Aéreo		
	Atropelamento Ferroviário		
	Abalroamento Ferroviário		
	Choque entre veículos e Ferroviários		
	Descarrilamento Ferroviário		
	Afundamento ou Adornamento		
	Encalhe		
	Colisão Aquática		
	Abalroamento Aquático		
	Transporte Suspenso		

Incêndio	Urbano ou em Área Urbanizável	Habitacional	
		Estacionamento de Superfície	
		Estacionamento em Profundidade ou silo	
		Serviços Administrativos	
		Parque Escolar	
		Hospitales e Lares de Idosos	
		Espetáculos e Reuniões Públicas	
		Hotelaria e Restauração	
		Áreas Comerciais e Gares de Transportes	
		Desporto e Lazer	
		Museus e Galerias de Arte	
		Bibliotecas e Arquivos	
		Militar, Forças de Segurança e de Socorro	
		Indústria, Oficina e Armazém	
	Edifícios Degradados		
	Em Equipamentos e Produtos	Equipamentos	
		Produtos	
		Rodoviário	
	Em Transportes	Aéreo	
		Ferroviário	

	Rurais	Aquático	
		Povoamento Florestal	
		Mato	
		Agrícola	
		Consolidação de Rescaldo	
		Gestão de Combustível	
		Queima	
	Em Detritos	Detritos não confinados	
		Detritos Confinados	

Natureza de Eventos: **Mistos**

Comprometimento total ou parcial segurança, serviços e estruturas	Queda de Árvore	
	Corte Abastecimento de Água	
	Corte Abastecimento Elétrico	
	Corte Abastecimento de Gás	
	Desabamento de Estruturas Edificadas	
	Queda de elementos de construção em estruturas edificadas	
	Desentupimento/Tamponamento	
	Dano ou queda de redes de fornecimento elétrico	
	Dano em redes de abastecimento de água	
	Dano em redes de abastecimento de gás	
	Dano em oleodutos e gasodutos	
	Queda estruturas temporárias ou móveis	
	Colapso Galerias e cavidades artificiais	
	Rutura Barragens	
	Sabotagem a estruturas críticas	
Queda projétil comandado		

Natureza de Eventos: **Proteção e Assistência a pessoas e bens**

Assistência em saúde	Intoxicação	
	Doença Súbita	
	Trauma	
	Queimadura	
	Trabalho de Parto	
	Pré-Afogamento	
	Afogamento	
	Evacuação e Transporte médico aéreo	
	Transporte de Órgãos	
	Transporte de Doentes	

Conflitos legais	Ameaça de Explosão	
	Explosão	

	Agressão/Violação		
	Suicídio/Homicídio na forma tentada		
	Suicídio/Homicídio consumado		
	Motim		
	Remoção e/ou transporte de cadáver		
	Apoio às forças de segurança		

Assistência e Prevenção a atividades Humanas	Patrulhamento, reconhecimento e vigilância			
	Prevenção a atividades de lazer			
	Limpeza de via e sinalização de perigo			
	Assistência à população e apoio social			
	Apoio psicossocial a operacionais			
	Abastecimento de água à população			
	Abastecimento de água a entidades públicas			
	Abastecimento de águas a entidades privadas			
	Abertura de elevadores e portas			
	Reboque e Desempanagem			
	Evacuação			
	Busca e Resgate	Terrestre, a Pessoas		
		Aquático, a Pessoas		
		Terrestre, a Animais		
		Aquático, a Animais		
	Prevenção a Queimadas			
Acompanhamento de Transportes				
Corte ou Remoção de elementos em perigo de queda				

Naureza de Eventos: **Operações e estados de alerta**

Operações	Pré-posicionamento de Meios		
	Deslocações em Formação		
	Deslocações Oficiais		
	Deslocações em Serviço Geral		
	Operações Nacionais de Socorro		
	Operações Nacionais de Assistência		
	Missões Internacionais em Socorro		
	Missões Internacionais de Assistência		
	Reconhecimento Aéreo		
	Rendição de Meios		
	Reposicionamento de Meios Aéreos		

Anexo C – Simbologia UNOCHA

Clusters



Posto de
Comando



Resgate Imediato



Educação



Telecomunicações
de Emergência



Segurança
Alimentar



Saúde



Logística



Nutrição



Proteção



Abrigo



Água,
Saneamento e
Higiene

Desastres/Perigos e Crises



Onda de Frio



Ciclone



Seca



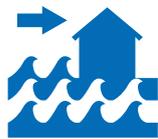
Terramoto



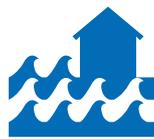
Epidemia



Fogo



Inundação
Repentina



Inundação



Onda de Calor



Chuva Intensa



Infestação Insetos



Derrocada
terra/lama



Infestação
Gafanhotos



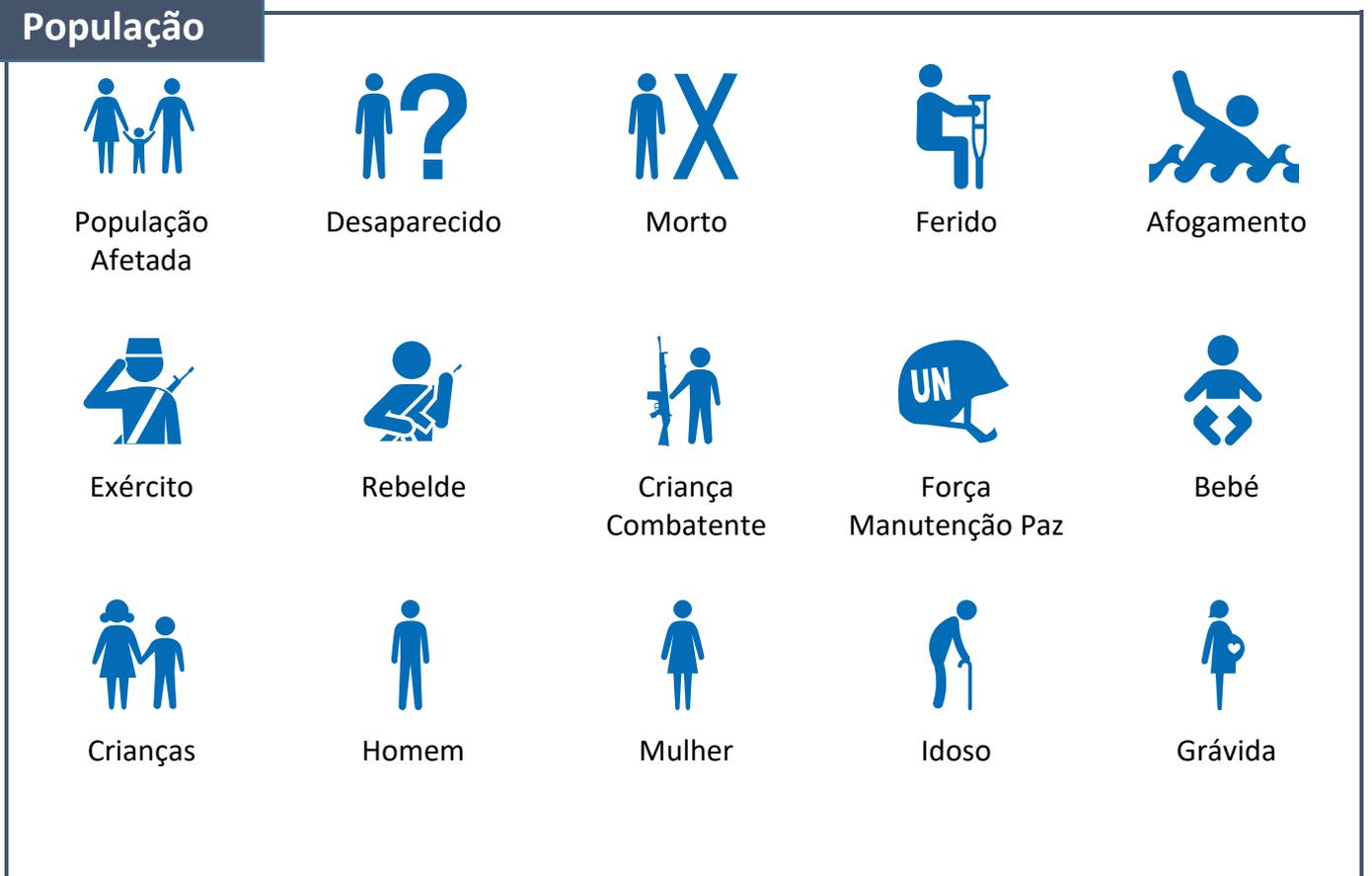
Avalanche



Neve



População





Incapacidade
Física

Logística



Aeroporto



Navio



Ponte



Autocarro



Carro



Bomba de
Gasolina



Helicóptero



Porto



Estrada



Comboio

Telecomunicações



Computador



E-mail



Internet



Telemóvel



Rádio



Intercomunicador

Infraestruturas



Assembly Point



Edifício



Igreja



C.C. de Feridos e
Evacuados



Centro de
Distribuição



Anexo D – Glossário de Termos da Gestão de Emergências²⁸

Ação das ondas: Ondas de superfície geradas pelo vento, que podem ocorrer na superfície de qualquer corpo de água, como oceanos, rios e lagos, etc. O tamanho da onda depende da força do vento e da distância percorrida (*fetch*).

Acidente Aéreo: Colisão entre aeronaves ou queda de aeronave, bem como qualquer tipo de avaria que implique mobilização de meios terrestres para apoio e socorro.

Acidente Industrial: Tipo de desastre utilizado para descrever acidentes tecnológicos de natureza industrial, envolvendo edifícios industriais (por exemplo, fábricas).

Acidentes com meios de transportes: termo de tipo de desastre utilizado para descrever acidentes tecnológicos de transporte. Compreende quatro subconjuntos de desastres: acidentes envolvendo aviões, helicópteros, aeronaves e balões «Transporte Aéreo»; Acidentes envolvendo barcos a vela, ferries, navios de cruzeiro, outros barcos «Transportes Marítimo»; Acidentes envolvendo comboios «Transporte Ferroviário»; E acidentes com veículos motorizados nas estradas e nas vias «Transporte Rodoviário».

Acidentes com veículos fora de estrada: Acidentes com danos colaterais, em veículos fora de estrada, como tratores e outros veículos agrícolas, florestais ou industriais.

Acidente Radiológico: qualquer acidente com materiais radioativos, dando origem a emergências radiológicas ou nucleares.

Airburst: uma explosão de um cometa ou meteoróide dentro da atmosfera da Terra sem atingir o solo.

Apoio às Forças de Segurança: Atuação na sequência de pedido expresso das forças de segurança com vista à prestação de apoio ao desempenho das suas missões.

Atividade Vulcânica: Tipo de evento vulcânico próximo a uma abertura / ventilação na superfície da Terra, incluindo erupções vulcânicas de lava, cinzas, vapor quente, gás e material piroclástico.

Avalanche: uma grande massa de material solto, neve ou gelo que escorrega, flui ou cai rapidamente por uma montanha sob a força da gravidade.

Avalanche de detritos: O movimento súbito e muito rápido em declive de massa não classificada de rocha e do solo. Há dois tipos de avalanches de detritos: uma avalanche de detritos frios, geralmente resultante de uma inclinação instável que repentinamente se desmorona, enquanto que uma avalanche de detritos quentes resulta da atividade vulcânica levando a instabilidade do declive e colapso.

Avalanche de neve: Movimento rápido em declive de uma mistura de neve e gelo.

Biológicos: um risco causado pela exposição a organismos vivos e às suas substâncias tóxicas (por exemplo: veneno, bolor) ou doenças transmitidas por vetores que eles possam transportar. Exemplos são animais selvagens venenosos e insetos, plantas

²⁸ De acordo com: IRDR (2014), CRED (2009), ANPC (2015), OCHA, UNDAC HANDBOOK, (2006)

venenosas e mosquitos portadores de agentes causadores de doenças, como parasitas, bactérias ou vírus (por exemplo: malária).

Cheia: Intervenção em protecção e socorro na sequência da saída dos cursos de água dos seus leitos naturais, em função de precipitações intensas ou outros fenómenos.

Chuva: O vapor de água condensa-se na atmosfera para formar gotículas de água que caem para a Terra.

Ciclone tropical: um ciclone tropical é originado sobre águas tropicais ou subtropicais. Caracteriza-se por um ciclone de escala sinóptica de núcleo quente, não frontal, com centro de baixa pressão, bandas de chuva em espiral e ventos fortes. Dependendo da sua localização, os ciclones tropicais são referidos como furacões (Atlântico, Pacífico Nordeste), tufões (Pacífico Noroeste) ou ciclones (Pacífico Sul e Oceano Índico).

Clima espacial: um termo geral para condições climáticas extraterrestres impulsionado por erupções solares, como tempestades geomagnéticas, distúrbios de rádio e partículas energéticas solares.

Climatológicos: um perigo causado por processos atmosféricos de longa duração, de meso a macro escala.

Colapso: Acidente envolvendo o colapso de um edifício ou de uma estrutura. Pode envolver estruturas industriais ou estruturas domésticas.

Congelamento: ocorre quando a temperatura do ar está a (32 ° F / 0 ° C) ou abaixo, numa área extensa por um período de tempo climatologicamente significativo. O uso do termo é geralmente restrito a situações advectivas ou ocasiões em que o vento ou outras condições impedem a geada. A geada e o congelamento são particularmente prejudiciais durante a estação de crescimento da colheita.

Derecho: Vento generalizado e geralmente tempestades de ventos rápido associados à convecção / tempestade convectiva. *Derechos* incluem *downburst* e ventos em linha reta. O dano dos *derechos* é muitas vezes confundido com o dano dos tornados.

Deserto: um terço da superfície terrestre é deserto, dos quais apenas pequenas partes são areia, sendo a maioria em cascalho cortado por cursos de água secos (*wadis*). Temperaturas muito altas ocorrem durante o dia, em contraste com a congelação à noite. A sobrevivência é difícil.

Derrame de produtos químicos: acidentes que pode ocorrer durante a produção, transporte ou manuseio de substâncias químicas perigosas.

Doença Infeciosa Bacteriana: um aumento pouco comum no número de incidentes causados pela exposição a bactérias, quer através do contacto com a pele, ingestão ou inalação. Exemplos incluem salmonela, MSRA e cólera, entre outros.

Doença Infeciosa fúngica: Exposição a fungos através do contato com a pele, ingestão ou inalação de esporos, resultando num aumento pouco comum no número de incidentes. Exemplos são pneumonia fúngica, meningite fúngica, etc.

Doenças Infeciosas Parasitárias: A exposição a um parasita (um organismo que vive num hospedeiro e que causa um aumento pouco comum no número de incidentes). A

exposição a parasitas ocorre principalmente através de água contaminada, comida ou contato com insetos, animais (zoonóticos), animais de estimação, etc. Exemplos são a malária, doença de Chagas, giardíase e triquinose.

Doença Infeciosa Priônica: um tipo de perigo biológico causado por proteínas prion. As doenças priônicas ou as encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET) são uma família de raras doenças neuro degenerativas progressivas que afetam tanto os seres humanos como os animais, caracterizadas por longos períodos de incubação e perda neural. Exemplos são a Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE), a Doença de Creutzfeldt-Jakob (CJD), Kuru, etc.

Envenenamento: Envenenamento de atmosfera ou cursos de água devido a fontes industriais.

Epidemia: um aumento inusitado, muitas vezes súbito, no número de incidentes de uma doença infecciosa que já existia na região (por exemplo, gripe, E.Coli) ou o aparecimento de uma doença infecciosa anteriormente ausente da região (*e.g.*, praga, poliomielite).

Erosão Costeira: A perda temporária ou permanente de sedimentos ou massas de terra nas margens costeiras devido à ação de ondas, ventos, marés ou atividades antropogênicas.

Explosões: Explosões envolvendo edifícios ou estruturas. Podem envolver estruturas industriais.

Extraterrestres: um perigo causado por asteroides, meteoroides e cometas que à medida que passam perto da Terra, entram na atmosfera terrestre e / ou atingem a Terra, e por mudanças nas condições interplanetárias que afetam a magnetosfera, a ionosfera e a termosfera da Terra.

Enxurrada: Chuvas fortes ou excessivas num curto período de tempo que produzem escoamento imediato, criando condições de inundação em minutos ou poucas horas durante ou depois da chuva.

Explosão: Rebentamento efetivo de engenho explosivo ou explosão de outra substância, com ou sem aviso prévio, exigindo empenho de forças de proteção e socorro.

Floresta decídua: Carvalho, faia, bordo e nogueira são as principais espécies na América do Norte, enquanto carvalho, faia, castanha e cal são prevalentes na Eurásia. O solo rico suporta muitas plantas. A sobrevivência é fácil, exceto em altitudes muito altas, onde as condições de tundra ou neve são aplicáveis.

Fluxo de detritos, fluxo de lama, queda de rochas: Tipos de deslizamentos de terra que ocorrem quando fortes chuvas ou derretimento rápido de neve / gelo enviam grandes quantidades de vegetação, lama ou rocha descendente pelas forças gravitacionais.

Fluxo de Lava: O magma ejetado que se move como uma massa líquida descendente de um vulcão durante uma erupção.

Fluxo piroclástico: Gases extremamente quentes, cinzas e outros materiais de mais de 1.000 graus Celsius que fluem rapidamente pelo flanco de um vulcão (mais de 700 km / h) durante uma erupção.

Fogo florestal: um tipo de incêndio numa área arborizada.

Geada: é a consequência do resfriamento radiativo resultando na formação de cristais de gelo finos no chão ou outras superfícies na forma de agulhas, penas, escamas ou ventiladores. A geada ocorre quando a temperatura das superfícies está abaixo de zero e o vapor de água do ar húmido forma depósitos sólidos na superfície fria.

Geofísicos: um perigo proveniente de terreno sólido. Este termo pode também ser substituído por perigo geológico.

Glacial Lake Outburst: Inundação que ocorre quando a água represada por um glaciar ou *moraine* é de repente libertada. Os lagos glaciais podem estar na frente do glaciar (lago marginal) ou abaixo da camada de gelo (lago sub-glacial).

Granizo: Precipitação sólida na forma de grânulos irregulares ou bolas de gelo com mais de 5 mm de diâmetro.

Hidrológicos: um perigo causado pela ocorrência, movimentação e distribuição de água doce e salgada de superfície e subterrânea.

Ice Jam Flood: A acumulação de gelo flutuante restringindo ou bloqueando o fluxo e a drenagem de um rio. Os atolamentos de gelo tendem a desenvolver-se perto de curvas e obstruções do rio (por exemplo, pontes).

Impacto: um tipo de perigo extraterrestre causado pela colisão da Terra com um meteoróide, um asteroide ou um cometa.

Incêndio após terramoto: Incêndios urbanos desencadeados por terremotos. As áreas particularmente suscetíveis incluem edifícios de madeira densamente espaçados que dominam a arquitetura local e onde o terramoto danificou ou rompeu canos de água e gasodutos. Pequenos incêndios locais têm o potencial de se fundir em conflagrações destruindo muitos blocos da cidade.

Incêndio descontrolado: qualquer combustão não controlada e não prescrita ou queima de plantas num ambiente natural, como uma floresta, pastagem ou tundra, que consome os combustíveis naturais e se espalha com base em condições ambientais (por exemplo, vento, topografia). Os incêndios florestais podem ser desencadeados por relâmpagos ou ações humanas.

Incêndio em Serviços Administrativos: Incêndios em edifícios ou partes de edifícios onde se desenvolvem atividades administrativas, de atendimento ao público ou de serviços, nomeadamente escritórios, repartições públicas, tribunais, conservatórias, balcões de atendimento, notários, gabinetes de profissionais liberais, espaços de investigação não dedicados ao ensino, excluindo as oficinas de reparação e manutenção.

Incêndio em espaços de Desporto e Lazer: Incêndios em edifícios ou partes de edifícios e recintos recebendo ou não público, destinados a atividades desportivas e de lazer, nomeadamente estádios, picadeiros, hipódromos, velódromos, autódromos,

motódromos, kartódromos, campos de jogos, parques de campismo e caravanismo, pavilhões desportivos, piscinas, parques aquáticos, pistas de patinagem, ginásios e saunas, entre outros.

Incêndio em espaços de Espetáculos e Reuniões Públicas: Incêndios em edifícios ou partes de edifícios, recintos itinerantes ou provisórios e ao lar livre que recebam público, destinados a espetáculos, reuniões públicas, exibição de meios audiovisuais, bailes, jogos, conferências, palestras, culto religioso e exposições, podendo ser, ou não, polivalentes e desenvolver as atividades referidas em regime não permanente, nomeadamente teatros, cineteatros, cinemas, coliseus, praças de touros, circos, salas de jogo, salões de dança, discotecas, bares com música ao vivo, estúdios de gravação, auditórios, salas de conferências, templos religiosos e pavilhões multiusos.

Incêndio em Equipamentos: Incêndios que afetam exclusivamente equipamentos, não alastrando para outras superfícies.

Incêndio em Produtos: Incêndios que afetam exclusivamente produtos, não gerando danos nas infraestruturas que os contêm.

Incidentes com animais: Encontro de humanos com animais perigosos ou exóticos em ambientes urbanos e rurais.

Inundação costeira: Níveis de água mais elevados do que o normal, ao longo da costa, causados por mudanças de maré ou trovoadas que resultam em enchentes, podendo durar de dias a semanas.

Inundação fluvial: um tipo de inundação resultante do transbordo de água de um córrego ou canal de rio em terra normalmente seca na planície de inundação adjacente ao canal.

Lahar: mistura quente ou fria de material de terra que flui na encosta de um vulcão durante ou entre erupções vulcânicas.

Liquefação: A transformação do solo (parcialmente) saturado de água de um estado sólido para um estado líquido causado por um terramoto. A liquefação reduz a resistência e a rigidez do solo, causando o derrube de edifícios.

Meteorológicos: um perigo causado por condições meteorológicas extremas e condições atmosféricas de curta duração, micro- a meso-escala que duram de minutos a dias.

Missões Internacionais de Assistência: Missões de assistência a grandes eventos, desenvolvidas fora do território Português.

Montanhas de alta altitude: há grandes porções da Ásia Central e da região do Himalaia, bem como a montanha na América do Sul, onde existe habitação significativa a grandes altitudes (isto é, mais de 3000 metros). Podemos contar com baixo nível de oxigénio.

Movimento de Massas: qualquer tipo de movimento descendente de materiais de terra.

Nevão: um sistema de baixa pressão nos meses de inverno com acumulações significativas de neve, chuva gelada, granizo ou gelo. Uma tempestade de neve é uma

tempestade severa com ventos superiores a 35 mph (56 km / h) durante três ou mais horas, produzindo visibilidade reduzida (menos de 0,25 milhas (400 m)).

Neve / gelo: Precipitação sob a forma de cristais de gelo / flocos de neve ou grânulos de gelo formados diretamente do vapor de água congelante no ar. O gelo acumula-se quando a chuva atinge a superfície fria e congela.

Nevoeiro: Gotas de água que estão suspensas no ar perto da superfície da Terra, sendo uma nuvem em contacto com o chão.

Onda Gigante: uma única crista pouco comum de uma onda oceânica distante no mar que é muito mais alta e / ou mais acentuada do que outras ondas no sistema de *swell* prevalecente.

Onda de choque: uma onda de choque transporta a energia de uma perturbação através de um meio (sólido, líquido, gás) semelhante a uma onda, embora viaje a uma velocidade muito maior. Pode ser um tipo de perigo extraterrestre causado pela explosão ou impacto de meteoritos que geram ondas de choque energéticas capazes de quebrar vidro, colapsar paredes, etc.

Operações Nacionais de Assistência: Missões de prevenção e assistência a grandes eventos, obedecendo a uma ordem de operações ou diretiva.

Partículas Energéticas: Emissões de tempestades de radiação solar consistindo de pedaços de matéria (por exemplo, prótons e outras partículas carregadas) movendo-se a alta velocidade. A magnetosfera e a atmosfera bloqueiam as partículas energéticas de atingir os seres humanos na Terra, mas são prejudiciais para a eletrônica da tecnologia espacial (como satélites) e representam um risco de radiação para a vida no espaço e para as aeronaves que viajam em altitudes elevadas.

Pastagem temperada: estas áreas são encontradas nas áreas centrais do continente da América do Norte e da Eurásia. Verões quentes, invernos frios e chuvas moderadas fizeram destes a grande produção de alimentos nas maiores áreas do mundo.

Prevenção a atividades de lazer: Empenho de forças de proteção e socorro em locais de reunião de massas humanas em atividades de lazer, como espetáculos e atividades desportivas, para prestação de assistência rápida em caso de necessidade.

Queda de cinzas: Resíduos vulcânicos não-consolidados (de menos de 4 mm de diâmetro) soprados na atmosfera durante uma erupção, podendo permanecer no ar durante longos períodos de tempo e viajar distâncias consideráveis para longe da fonte.

Queda de Satélite: Queda de satélite artificial em território nacional.

Queda de projétil comandado: Queda em território nacional de projétil comandado, como um míssil.

Regiões mediterrânicas: As terras que fazem fronteira com o Mediterrâneo são semi-áridas com longos verões quentes e secos, bem como curtos invernos. As árvores são poucas e a água é escassa.

Regiões polares: As regiões polares incluem a Antártida, o Ártico (Alasca, Gronelândia, norte do Canadá, Rússia, partes da Escandinávia, Islândia, etc.), partes da Ásia Central e

do Himalaia. Estas áreas permanecem frias a maior parte do ano e são necessárias pessoas com capacidades para clima frio. As habilidades requeridas em áreas de tempo frio também podem ser necessárias em altitudes elevadas noutros locais.

Relâmpagos: uma descarga elétrica visível de alta tensão produzida por uma tempestade e seguida pelo som do trovão.

Rutura de Barragens: Ações de proteção e socorro realizadas na sequência da rutura de barragens, com perigo para as populações e bens por cheia rápida e inundação a jusante.

Savana: Prados tropicais encontrados na Austrália, Venezuela, Colômbia, Brasil e África. A relva cresce até 3 metros. As temperaturas são altas durante todo o ano. A água é escassa, mas onde é encontrada haverá vegetação exuberante e abundância de vida selvagem.

Seca: um período prolongado de precipitação invulgarmente baixa que produz uma escassez de água para pessoas, animais e plantas. A seca é diferente da maioria dos outros perigos uma vez que se desenvolve lentamente, por vezes, mesmo ao longo dos anos, o seu início é geralmente difícil de detetar. A seca não é apenas um fenómeno físico, pois o seu impacto pode ser exacerbado pelas atividades humanas e pelas demandas de abastecimento de água. A seca é, portanto, muitas vezes definida tanto conceitual e operacionalmente. Definições operacionais de seca, ou seja, o grau de redução de precipitação que constitui uma seca variam de acordo com a localidade, o clima e o setor ambiental.

Seiche: uma onda estacionária de água num grande corpo semi ou totalmente fechado de água (lagos ou baías) criado por ventos fortes e / ou um grande gradiente de pressão barométrica.

Selva tropical: Selva de chuva equatorial, floresta de chuva subtropical e floresta montanhosa apresentam elevada precipitação e montanhas acidentadas, que desaguam em rios grandes e rápidos, contendo terra pantanosas.

Sinkhole: Colapso da superfície terrestre devido à dissolução das rochas subterrâneas como calcário ou rocha carbonatada pela água.

Sismo: Deslocamento superficial de materiais de terra devido a tremores de terra provocados por terremotos ou erupções vulcânicas.

Solo expansivo: Material de terra, particularmente argilas que, ao molhar, congelar ou secar, se expandirão ou contrairão alternadamente causando danos às fundações de edifícios e outras estruturas. O encolhimento é geralmente referido como dessecação.

Storm Surge: um aumento anormal do nível do mar gerado por um ciclone tropical ou outras tempestades intensas.

Temperatura Extrema: um termo geral para variações de temperatura acima (calor extremo) ou abaixo (frio extremo) condições normais.

Tempestade Convectiva: um tipo de perigo meteorológico gerado pelo aquecimento do ar e pela disponibilidade de massas de ar húmidas e instáveis. Tempestades convectivas

variam de trovoadas localizadas (com fortes chuvas e / ou granizo, relâmpagos, ventos fortes, tornados) a meso-escala, eventos de vários dias.

Tempestade de areia / poeira: Ventos fortes que carregam partículas de areia no alto, mas geralmente confinadas a menos de 15 m (15 pés), especialmente comum em ambientes áridos e semi-áridos. Uma tempestade de poeira também é caracterizada por ventos fortes mas carrega partículas menores de poeira em vez de areia sobre uma área extensa.

Tempestade Extra-tropical: um tipo de sistema ciclónico de baixa pressão nas latitudes médias e altas (também chamado de ciclone de latitude média) que obtém principalmente a sua energia a partir do contraste de temperatura horizontal (frentes) na atmosfera. Quando associado a frentes frias, os ciclones extratropicais podem ser particularmente prejudiciais (por exemplo, inverno / tempestade europeia, Nor'easter).

Tempestade Geomagnética: um tipo de perigo extraterrestre causado por ondas de choque do vento solar que perturbam temporariamente a magnetosfera da Terra. Tempestades geomagnéticas podem interromper redes de energia, operações de naves espaciais e comunicações por satélite.

Terramoto: Movimento súbito de um bloco da crosta terrestre ao longo de uma falha geológica e agitação do solo associado.

Tornado: uma coluna de ar violentamente rotativa que atinge o solo ou água aberta.

Transporte suspenso: Acidente com equipamentos suspensos de transporte de pessoas ou carga, ou necessidade de assistência a pessoas, podendo resultar danos pessoais ou materiais.

Tsunami: uma série de ondas (com longos comprimentos de onda ao viajar através do oceano profundo) que são geradas por um deslocamento de grandes quantidades de água através de terremotos subaquáticos, erupções vulcânicas ou deslizamentos de terra. As ondas de tsunami viajam a uma velocidade muito alta através do oceano, mas à medida que começam a atingir águas rasas, elas diminuem a velocidade e a onda cresce mais íngreme.

Tundra: A tundra é encontrada principalmente no hemisfério norte, mas pode ocasionalmente ser encontrada no sul do mesmo. Descreve um terreno onde o subsolo é permanentemente congelado e a vegetação atrofiada.

Inundação: um termo geral para o transbordo de água de um canal, em terra normalmente seca, na planície de inundação (inundações fluviais), níveis mais altos do que o normal ao longo da costa e em lagos ou reservatórios (inundações costeiras) perto do ponto onde a chuva caiu (inundações repentinas).

Infestação de Insectos: é um fluxo invasivo e crescente de parasitas que afecta os seres humanos, animais, culturas e bens perecíveis. Exemplos são gafanhotos e abelhas africanas.

Subsidência: Subsidiência refere-se ao afundamento do solo devido à remoção de águas subterrâneas, mineração, dissolução de calcário (por exemplo, *karst*, *sinkhole*), extração de gás natural e terremotos.

Floresta de coníferas do Norte: este terreno encontra-se entre a tundra ártica e terras temperadas.

Também pode ser referido como a floresta boreal ou taiga. Os invernos são longos e severos, mas comparado à tundra, o clima da floresta é caracterizado por um clima mais longo e mais quente. Vida selvagem, que vai desde alces e ursos a esquilos e pássaros, é abundante. A neve derretida cria pântanos no curto verão. Árvores caídas e o crescimento denso tornam a viagem fora das estradas difícil. Insetos, como mosquitos, podem ser incómodos. O movimento é mais fácil no inverno.

Vaga de calor: um período de tempo anormalmente quente e / ou excepcionalmente húmido. Normalmente, uma onda de calor dura dois ou mais dias. Os critérios exatos de temperatura para o que constitui uma onda de calor variam de acordo com a localização.

Vaga de Frio: um período de tempo anormalmente frio. Tipicamente uma onda fria dura dois ou mais dias e pode ser agravada por ventos fortes. Os critérios exatos da temperatura para o que constitui uma onda fria variam pela posição.

Vento: Diferenças na pressão do ar resultando no movimento horizontal do ar. Quanto maior a diferença de pressão, mais forte o vento. O vento move-se da alta pressão para a baixa pressão.

Ventos fortes: Sequência de ventos fortes que podem assumir a forma de tornados ou outros fenómenos criados por ciclogénese.