



UNIFACS
UNIVERSIDADE SALVADOR
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES*

UNIFACS UNIVERSIDADE SALVADOR
LAUREATE INTERNACIONAL UNIVERSITIES
MESTRADO ACADÊMICO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

ROBERTA GONDIM BRITTO

**UMA ONTOLOGIA DE TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES
INTELIGENTES**

Salvador
2015

ROBERTA GONDIM BRITTO

**UMA ONTOLOGIA DE TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES
INTELIGENTES**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Acadêmico em Sistemas e Computação da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate Internacional Universities, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Expedito C. Lopes

Salvador
2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities)

Britto, Roberta Gondim

Uma ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes./
Roberta Gondim Britto.- Salvador, 2015.

127 f. : il.

Dissertação Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação de
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities como
requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Expedito Carlos Lopes.

1. Ontologia. 2. Agentes Inteligentes. 3. Tarefas de Investigação. 3. ITIL. I.
Lopes, Expedito Carlos, orient. II. Título.

CDD: 004.21

Aos meus pais que sempre fizeram e
continuam fazendo o possível e o impossível
pela minha educação.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e persistência durante todo o período do mestrado e principalmente durante a fase de escrita.

Ao meu Orientador Prof. Expedito Carlos Lopes por compartilhar o seu tempo e o seu saber, ajudando-me a raciocinar e a compreender melhor não apenas o conteúdo técnico, mas o que é de fato um trabalho dissertativo.

Ao meu companheiro Sérgio por me fazer acreditar na minha capacidade.

Aos meus irmãos pelas vibrações positivas depositadas sobre mim e em especial ao meu irmão Victor pelos favores prestados.

As minhas primas Marta e Naiar por estarem dispostas a escutar os meus lamentos.

Aos colegas Thiago Freire e Lucas Oliveira pela companhia nessa jornada.

A todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram ou fazem parte do meu caminhar na área acadêmica.

*Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo.
Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós
ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos
sempre.*

Paulo Freire.

RESUMO

Atualmente, muitas aplicações computacionais têm-se beneficiado do uso de agentes inteligentes. Um agente inteligente pode ser compreendido na perspectiva de um componente de software que realiza determinadas tarefas. Assim, existem tipos diferentes de agentes inteligentes e a escolha do tipo ideal depende do ambiente e das tarefas que o mesmo executará. Por sua vez, o conhecimento de tarefas pode ser representado através de ontologias. As ontologias de tarefas descrevem vocabulários relacionados a uma tarefa genérica que independem do domínio de atuação. Por exemplo, uma tarefa de investigação pode ocorrer em diferentes domínios, podendo ser executada tanto por agentes humanos quanto por agentes de software. Diante deste contexto, esta dissertação tem o objetivo de criar uma ontologia de tarefa que contemple aspectos estruturais e comportamentais de um ambiente investigativo utilizado por agentes inteligentes. Para que esse objetivo fosse atendido, foi feito um levantamento bibliográfico de publicações envolvendo os principais temas em questão, a saber: ontologias de tarefas, tarefas de investigação e agentes inteligentes. Para avaliar a ontologia proposta, foi desenvolvido um protótipo aplicado ao domínio policial, onde os agentes inteligentes executam coletas e análises em fontes de dados disponíveis com a intenção de gerar uma teia de investigação que auxilie os investigadores humanos em suas tomadas de decisão. Como resultado alcançado, esta dissertação apresenta uma ontologia de tarefa de investigação genérica para uso de agentes inteligentes e um protótipo aplicado ao domínio policial visando auxiliar o desenvolvimento de aplicações mais complexas relacionadas à investigação policial.

Palavras-chave: Ontologia de Tarefa. Agentes Inteligentes. Tarefas de Investigação.

ABSTRACT

Currently, many computer applications have benefited from the use of intelligent agents. An intelligent agent can be understood from the perspective of a software component that performs certain tasks. Thus, there are different types of intelligent agents and choosing the right type depends on the environment and the tasks that it performs. In turn, knowledge of tasks can be represented through ontologies. The ontology of tasks describes a generic task related vocabularies that are independent of the domain of expertise. For example, a task of investigation can occur in different areas and can be performed both by human agents as by software agents. In this context, this dissertation aims to create a task ontology covering structural and behavioral aspects of investigative environment used by intelligent agents. For that purpose was served, was made a bibliographical survey of publications involving the major issues involved, namely: ontologies, research tasks and intelligent agents. To evaluate the proposed ontology was developed a prototype applied to the police domain, where intelligent agents perform collections and analyses of data sources with the intention of generating an information interlacement that helps the human's investigators in their decision-making. As a result, this work presents generic investigation task ontology for use of intelligent agents and a prototype applied to the field of policing aimed at assisting the development of more complex applications related to the police investigation.

Keywords: Task Ontology. Intelligent Agents. Tasks of Investigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Componentes Básicos de uma Ontologia.....	22
Figura 2.2 – Classificação das Ontologias e seus Relacionamentos	24
Fonte: Guarino (1998).	24
Figura 2.3 – Subconjunto de conceitos da UFO-A.....	24
Figura 2.4 – Modelo Conceitual de uma Ontologia de Domínio para Segurança da Informação	25
Figura 2.5 – Informação Temporal.....	27
Figura 2.6 – Organograma Geral do Conhecimento de Tarefa	29
Figura 2.7 – Conceitos e Relações de uma Ontologia de Tarefa.....	30
Figura 2.8 – Subconjunto dos substantivos e verbos genéricos da Tarefa de Agendamento ...	32
Figura 2.9 – Subconjunto adjetivos genéricos, objetivos e restrições de da Tarefa de Agendamento.....	33
Figura 2.10 – Parte do Diagrama de Relacionamento da Ontologia de Tarefa de Agendamento	34
Figura 2.11 – Estrutura do Conhecimento de Tarefa.....	35
Figura 2.12 – Fluxo de Controle da tarefa ‘ir ao cinema’ (<i>go to the cinema</i>).....	36
Figura 2.13 – Representação de fluxo de controle de tarefas utilizando de diagrama de atividades	38
Figura 2.14 – Decomposição de Tarefa de Locação	39
Figura 2.15 – Mundo simplificado do aspirador de pó com dois locais.....	41
Figura 2.16 – Diagrama esquemático de um Agente Reativo Simples	42
Figura 2.17 – Diagrama esquemático de um Agente Reativo baseado em Modelo.....	44
Figura 2.18 – Diagrama esquemático de um Agente Reativo baseado em Objetivo	46
Figura 2.19 – Diagrama esquemático de um Agente baseado na Utilidade	47
Figura 3.1 – Papéis de Conhecimento da Ontologia de Tarefa de Locação	51
Figura 3.2 – Decomposição da subtarefa “Emprestar item”	52
Figura 3.3 – Integração da Ontologia de Tarefa de Locação com uma Ontologia de Livros...	53
Figura 3.4 – Diagrama da Tarefa Investigação Policial	54
Figura 3.5 – Diagrama de Tarefa com Contexto a partir de um Bem Investigado.....	55
Figura 3.6 – Diagrama de Tarefa com Contexto a partir de uma Pessoa Investigada.....	56
Figura 3.7 – Parte dos conceitos de um Domínio de Informações Turísticas	57

Figura 3.8 – Relações e propriedades entre instâncias das classes Acomodação e Localização	57
Figura 3.9 – Regras para Definição das Tarefas.....	59
Figura 3.10 – Arquitetura do Sistema de Serviços de Informações Turísticas.....	60
Figura 3.11 – a) Visão geral da ontologia de tarefas colaborativas. b) Fragmento da taxonomia de conceitos	62
Figura 3.12 – Representação para percepção de Agentes Inteligentes.....	64
Figura 3.13 – Representação do Agente Reativo Simples.....	65
Figura 3.14 – Representação do Agente Reativo baseado em Modelo	65
Fonte: Gonçalves (2009).	65
Figura 3.15 – Representação do Agente baseado em Objetivo	66
Figura 3.16 – Representação do Agente baseado em Utilidade	67
Figura 4.1 – Papéis de Conhecimento de uma Tarefa de Investigação	72
Figura 4.2 – Representação do Conceito <i>Subtarefa</i>	73
Figura 4.3 – Representação das Subtarefas da Tarefa de Investigação	73
Figura 4.4 – Representação dos Conceitos <i>AgenteInvestigador</i> , <i>Objeto</i> e <i>PapelDeObjeto</i>	74
Figura 4.5 – Visão Estrutural da Tarefa de Investigação	75
Figura 4.6 – Visão Estrutural dos Agentes Inteligentes	76
Figura 4.7 – Modelo Conceitual da Tarefa de Investigação para uso de Agentes Inteligentes	78
Figura 4.8 – Classes da Tarefa de Investigação para uso de Agentes Inteligentes.....	79
Figura 4.9 – Restrições usando o quantificador existencial (\exists)	81
Figura 4.10 – Restrições usando o quantificador universal (\forall).....	82
Figura 4.11 – Restrições de cardinalidade.....	83
Figura 4.12 – Instâncias da Ontologia de Tarefa de Investigação para uso de Agentes Inteligentes	83
Figura 4.13 – Consultas a instâncias de classes da ontologia proposta.....	84
Figura 4.14 – Decomposição da Tarefa de Investigação.....	85
Figura 4.15 – Decomposição da Subtarefa <i>Planejar Investigação</i>	86
Figura 4.16 – Decomposição da Subtarefa <i>Coletar Dados</i>	87
Figura 4.17 – Decomposição da Subtarefa <i>Analisar Dados</i>	87
Figura 4.18 – Mundo Wumpus.....	88
Figura 4.19 – Modelo Conceitual para representação do mundo Wumpus.....	89
Figura 4.20 – Modelo Comportamental do RofoM para a Subtarefa Coletar Dados	90
Figura 5.1 – Tela Inicial da Tarefa de Investigação Policial	96

Figura 5.2 – Inserção do Termo Agente Inteligente.....	97
Figura 5.3 – Inserção do Termo Coletar.....	98
Figura 5.4 – Inserção do Termo Maconha.....	98
Figura 5.5 – Inserção do Termo Concluído.....	99
Figura 5.6 – Ligação entre os símbolos.....	100
Figura 5.7 – Tela de Inserção de Agentes Inteligentes.....	101
Figura 5.8 – Tela de Inserção dos Investigados	102
Figura 5.9 – Inserção de Pessoas Relacionadas.....	103
Figura 5.10 – Envio de Mensagem.....	106
Figura 5.11 – Recebimento de Mensagem	107
Figura 5.12 – Resultado da primeira coleta do agente RoFo	107
Figura 5.13 – Resultado da segunda coleta do agente RoFo.....	108
Figura 5.14 – Resultado da terceira coleta do agente RoFo	108
Figura 5.15 – Resultado da quarta coleta do agente RoFo	108
Figura 5.16 – Exemplo de uma Teia de Investigação.....	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Conceitos e suas atividades de acordo com as necessidades dos viajantes	58
Quadro 3.2 – Tarefas e subtarefas com objetos para o conceito <i>Acomodação</i>	59
Quadro 3.3 – Domínio e imagem das propriedades relacionadas ao conceito Task	63
Quadro 3.4 – Análise comparativa entre a solução proposta e os trabalhos relacionados	67
Quadro 4.1 – Domínio e imagem das propriedades definidas na ontologia de tarefa proposta	80
Quadro 5.1 – Lista de Símbolos e sua Classificação	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DPF	Departamento de Polícia Federal
FIPA	Foundation For Intelligent, Physical Agents.
HTML	Hypertext Markup Language.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol.
JADE	Java Agent Development framework.
LAL	Léxico Ampliada da Linguagem
OCL	Object Constraint Language.
OWL	Ontology Web Language.
OWL-T	Task Ontology Web Language.
PF	Polícia Federal
UFO	Unified Foundational Ontology
UML	Unified Modeling Language.
W3C	World Wide Web Consortium.
XML	eXtensible Markup Language.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 RELEVÂNCIA.....	17
1.4 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	17
1.5 METODOLOGIA.....	18
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	19
1.7 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 ONTOLOGIAS	21
2.1.1 Conceitos básicos, composição e tipos.....	21
2.1.2 Ontologias de Tarefa	28
2.1.2.1 Visão Estrutural do Conhecimento de Tarefa.....	29
2.1.2.2 Visão Comportamental do Conhecimento de Tarefa	36
2.2 AGENTES INTELIGENTES.....	39
2.2.1 Conceitos e definições.....	39
2.2.2 Classificação	42
2.2.2.1 Agente Reativo Simples	42
2.2.2.2 Agente Reativo Baseado em Modelo	43
2.2.2.3 Agente Baseado em Objetivo	45
2.2.2.4 Agente Baseado na Utilidade	46
2.2.3 Ambiente de Tarefa de Agentes	47
3 TRABALHOS CORRELATOS	49
3.1 E-ONTOUML: PERFIL DE MODELAGEM PARA REPRESENTAÇÃO DE ASPECTOS COMPORTAMENTAIS DE TAREFAS	50
3.2 APLICAÇÃO DE UM METAMODELO DE CONTEXTO A UMA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO POLICIAL	54
3.3 MODELO DE TAREFA E ONTOLOGIA DE TAREFA PARA SERVIÇOS INTELIGENTES DE INFORMAÇÕES TURÍSTICAS.....	56
3.4 ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO DE TAREFAS COLABORATIVAS EM SISTEMAS MULTIAGENTES	61
3.5 PROPRIEDADES ESTRUTURAIS E COMPORTAMENTAIS DE AGENTES INTELIGENTES.....	64

3.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS TRABALHOS RELACIONADOS.....	67
4 ONTOLOGIA DE TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES INTELIGENTES.....	69
4.1 PASSOS SEGUIDOS NA CONSTRUÇÃO DA ONTOLOGIA PROPOSTA.....	69
4.2 VISÃO ESTRUTURAL DA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO.....	71
4.2.1 Representação da Tarefa de Investigação.....	71
4.2.2 Representação de Agentes Inteligentes.....	75
4.2.3 Integração da Tarefa de Investigação com Agentes Inteligentes.....	78
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DOS ASPECTOS ESTRUTURAIS DA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES INTELIGENTES.....	79
4.4 VISÃO COMPORTAMENTAL DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS EXECUTADAS PELOS AGENTES INTELIGENTES.....	85
4.4.1 Decomposição da Tarefa de Investigação e Fluxo de Controle.....	85
4.5 EXEMPLOS DE VISÕES ESTRUTURAL E COMPORTAMENTAL DE UM AGENTE REATIVO BASEADO EM MODELO.....	88
4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
5 AVALIAÇÃO DA ONTOLOGIA DE TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES INTELIGENTES APLICADA AO AMBIENTE POLICIAL.....	92
5.1 INTRODUÇÃO.....	92
5.2 AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO COMO REQUISITOS PARA A CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	93
5.3 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	95
5.4 CONSIDERAÇÕES ACERCA DO CAPÍTULO.....	109
6 CONCLUSÕES.....	110
6.1 REVISÃO DO TRABALHO.....	110
6.2 TRABALHOS FUTUROS.....	112
REFERÊNCIAS.....	113
ANEXO A - CONCEITOS E FUNDAMENTOS DE UMA INVESTIGAÇÃO POLICIAL.....	117
ANEXO B - QUESTIONÁRIO APLICADO A INVESTIGADORES POLICIAIS.....	125

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o contexto em que o trabalho está inserido, os objetivos, a relevância, as contribuições da pesquisa, a metodologia utilizada, a delimitação da pesquisa e, por fim, como está organizado o presente documento.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Com o advento da Internet comercial e a explosão de informação oferecida pela *World Wide Web* a partir da segunda metade dos anos 1990, o interesse de se criar agentes capazes de realizar tarefas para os usuários ressurgiu de forma mais intensa (LUCENA, 2003). Esses agentes são capazes de realizar algumas tarefas, e são do tipo robótico ou computacional, além de biológico, tal como pessoas ou animais (COPPIN, 2010).

Observa-se que muitas aplicações computacionais têm-se beneficiado do uso de agentes, principalmente nas áreas de educação, controle de tráfego aéreo, controle de robôs, recuperação/administração da informação, comércio eletrônico, administração de redes, entre outras (EL SHHEIBIA, 2001). Este benefício muitas vezes é comprovado na prática. Por exemplo, quando robôs auxiliam agentes humanos em suas tarefas diárias de investigação e busca de vestígios em ambientes desconhecidos e inóspitos, tais como locais pós-explosão, laboratórios clandestinos e ambientes saturados de materiais tóxicos ou radioativos (NOGUEIRA, 2001).

Acerca dos tipos de agentes inteligentes, Russell e Norvig (2013) descrevem alguns tipos básicos de agentes, tal que cada tipo específico combina componentes particulares para gerar ações. Existem agentes reativos os quais mantêm em sua estrutura uma base de regras para orientar a escolha de suas ações. Há outros que apresentam objetivos e planos que os orientam na escolha da tomada de decisão.

Os agentes inteligentes habitam em um ambiente e são projetados para executar tarefas. Estas tarefas normalmente são representadas através de ações. Deste modo, todo e qualquer tipo de agente é capaz de perceber o ambiente em que está inserido e executar ações neste mesmo ambiente com a finalidade de executar as tarefas que lhe foram atribuídas (RUSSELL; NORVIG, 2013).

Por sua vez, uma investigação normalmente envolve diferentes profissionais (agentes humanos) que trabalham de forma complementar e interativa, sem a perda da sua autonomia funcional, aplicando métodos e técnicas próprias na busca de um conhecimento (EL TASSE, 2010).

Em relação à investigação, sabe-se que a tarefa ‘investigar’ é recorrente em diversos domínios. Uma investigação pode fazer parte do domínio policial, das áreas médica ou contábil, ente outras. Independentemente do domínio no qual a tarefa ocorra, uma investigação é realizada por um ou mais agentes em um determinado ambiente, sobre determinadas coisas (pessoas ou bens). Grosso modo, pode-se dizer que uma tarefa de investigação está associada a agentes investigadores e a ‘coisas’ que serão investigadas (OLIVEIRA; FIGUEIRA; LOPES, 2012).

A representação de tarefas de investigação possui características próprias como local de investigação, pessoas, objetos, etc. Devido a essas particularidades, as tarefas investigativas podem sofrer alterações a depender de cada campo de atuação. Porém, alguns termos são comuns e podem ser utilizados em domínios diferentes.

Por outro lado, uma ontologia define, entre outras coisas, um vocabulário capaz de descrever certa realidade, sendo classificada em ontologia de topo, de domínio, de tarefa e de aplicação (GUARINO, 1998). De um modo geral, as ontologias envolvem, principalmente, a descrição de informações conceituais, os relacionamentos entre esses conceitos e suas restrições referentes a um determinado conhecimento (OLIVEIRA; FIGUEIRA; LOPES, 2012).

Gruber (1993) afirma que “uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização” que pode auxiliar na representação do conhecimento de domínios particulares e de tarefas genéricas. Assim, as ontologias podem ser utilizadas para organizar tanto o conhecimento capturado sobre um dado domínio quanto às tarefas que serão executadas neste domínio.

Apesar da utilização de ontologias como fontes de representação do conhecimento ter se popularizado bastante, em relação às ontologias de tarefas, há ainda um número reduzido de trabalhos quando comparado com ontologias de domínio (MARTINS, 2009).

O conhecimento modelado em ontologias de tarefas deve incluir informações estruturais e comportamentais das tarefas que os agentes vão realizar em um dado ambiente. Uma representação ontológica de tarefa, em seu aspecto estrutural, permite definir os papéis que conceitos do domínio vão exercer na execução da tarefa (MIZOGUCHI; VANWELKENHUYSEN; IKEDA, 1995). Por exemplo, em um ambiente investigativo, um agente pode exercer o papel de investigador. Desta forma, investigador pode ser visto como um conceito de um domínio (ambiente) investigativo. Por sua vez, a parte comportamental de uma ontologia de tarefa permite a captura da ordem e das condições de execução das tarefas envolvidas, além do comportamento que instâncias dos papéis exercerão nas tarefas especificadas (MARTINS, 2009).

Salienta-se que a representação de agentes inteligentes sob uma perspectiva ontológica seja de grande valia. Haja vista que a modelagem e a construção de sistemas que se apropriam da tecnologia de agentes sejam bastante complexas. Assim, as ontologias, mais especificamente as ontologias de tarefas, podem ajudar as pessoas envolvidas neste processo a raciocinar e a entender melhor não apenas o conhecimento de agentes de inteligentes, mas também o comportamento destes ao executar tarefas investigativas.

Trabalhos anteriores envolvendo a representação de agentes inteligentes e modelos de tarefas de investigação foram observados. A representação de agentes inteligentes pode ser observada no trabalho de Gonçalves (2009). Este autor apesar de abordar os aspectos comportamentais e estruturais de agentes inteligentes não os faz sob uma perspectiva ontológica. Em relação à modelagem de tarefa de investigação, esta pode ser observada em Oliveira, Figueira e Lopes (2012). Estes autores propuseram um modelo estrutural de tarefa de investigação policial a ser executada por agentes humanos policiais, porém eles não abordaram o aspecto comportamental das tarefas investigativas nem a tecnologia de agentes inteligentes.

Assim, observou-se a necessidade de atualização dos construtores apresentado por Oliveira, Figueira e Lopes (2012) de forma que o modelo estrutural criado por estes autores pudesse ser adaptado ao uso de agentes inteligentes. Ademais, houve também a necessidade de se incluir modelos comportamentais referentes às tarefas de investigação, visto que este tipo de modelo não foi abordado no trabalho citado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é criar uma ontologia de tarefa de investigação integrada ao conhecimento de agentes inteligentes para ser aplicada em ambientes investigativos. Desta forma, esta dissertação se propõe a representar, através de uma visão ontológica: (i) os conceitos e relacionamentos envolvidos em uma tarefa de investigação genérica de forma que estes possam ser utilizados em domínios diferentes; (ii) os conceitos e relacionamentos referentes aos agentes inteligentes; e (iii) o fluxo de controle das tarefas investigativas quando executadas por agentes inteligentes.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Fazer uma compilação de diversos trabalhos de ontologias de tarefas a fim de identificar os construtores mais utilizados em uma representação ontológica de tarefa;
- b) Fazer uma conversão da teoria dos tipos de agentes inteligentes definidos por Russell e Norvig (2013), de maneira que o conhecimento de agentes inteligentes possa ser representado sob uma perspectiva ontológica;
- c) Estender o modelo estrutural de tarefa de investigação policial apresentado no trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2013), acrescentando a representação estrutural de agentes inteligentes e os aspectos comportamentais da tarefa de investigação a ser executada pelos agentes inteligentes;
- d) Integrar os conhecimentos de ontologia de tarefas, ambiente investigativo e agentes inteligentes;
- e) Representar em cenários investigativos a integração sugerida no item anterior;
- f) Implementar a ontologia proposta e a sua utilização a partir de um protótipo com fins de serem avaliados em um domínio policial.

1.3 RELEVÂNCIA

Conforme mencionado na Seção 1.1, a quantidade de trabalhos envolvendo ontologias de tarefas não é tão expressiva quando pareada com a quantidade de trabalhos sobre ontologias de domínio. Tal situação ainda é agravada pela falta de padronização para modelagem e representação de ontologias de tarefa, fato este observado durante a pesquisa.

As ontologias constituem uma excelente ferramenta de suporte à especificação e implementação de sistemas computacionais de qualquer complexidade (GUIZZARDI, 2000). A literatura tem mostrado que o uso de ontologias na construção de modelos conceituais tem trazido muitos benefícios. Isto em virtude do seu alto nível de formalismo em que é possível evitar contradições e inconsistências em suas restrições.

Desta forma, julga-se relevante disponibilizar para a comunidade das áreas de engenharia de software e inteligência artificial, uma ontologia de tarefa que exerça um papel importante na representação de conhecimento.

Por outro lado, os agentes inteligentes apresentam um comportamento autônomo e podem executar tarefas que visam auxiliar o trabalho de humanos. Ontologias e agentes, portanto, são duas tecnologias diferentes, mas que se complementam (SCHMIDT, 2015).

Além dessas observações, pode-se dizer que o desenvolvimento de sistemas que envolvem os agentes inteligentes requer um nível de complexidade bastante elevado, dificultando o uso e a proliferação desta tecnologia.

Assim, acredita-se que um modelo computacional arquitetado através de modelos conceituais consistentes, tal como ontologia, ajudará a organização do conhecimento de tarefas investigativas executadas por agentes inteligentes, permitindo a inferência de resultados que talvez não sejam tão visíveis aos olhos humanos.

1.4 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

As principais contribuições deste trabalho podem ser percebidas sob três aspectos, a saber:

1. No âmbito da representação ontológica do conhecimento, esta pesquisa abrange o conhecimento formal de tarefa que independe do domínio de aplicação. Este tipo de representação ontológica traz benefícios aos desenvolvedores de software que trabalham com a elaboração de modelos conceituais, quer no aspecto estrutural quer no comportamental, pois as ontologias possibilitam um alto nível de reuso;
2. Um conjunto de contribuições pode ser visto no campo da Inteligência Artificial (IA), mais especificamente em relação aos tipos de Agentes Inteligentes. O trabalho contribui com a disponibilização de modelos que abrangem os aspectos estruturais e comportamentais de agentes inteligentes. Desta forma, profissionais de IA podem se apoiar nos modelos de agentes elaborados para desenvolver diferentes tipos de aplicações;
3. No âmbito da atividade investigativa, um vocabulário de conceitos e relacionamentos pode ser reutilizado e adaptado para ser aplicado em diversas áreas que comportam atividades investigativas. Assim, profissionais que executam atividades investigativas como auditores, contadores, policiais, professores, médicos, entre outros podem se apropriar de parte dos conceitos apresentados nesta dissertação;

Desta forma, acredita-se que o conhecimento gerado pode ser aplicado em ambientes investigativos e reaproveitados pelos profissionais citados nos três itens acima.

1.5 METODOLOGIA

De uma maneira geral, a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a seguinte:

- a) Revisão constante da literatura envolvendo os temas ontologias, ontologias de tarefas, investigação e agentes inteligentes;
- b) Construção de um modelo formal, através de diagramas de classes, para representar os conceitos e relacionamentos envolvidos em uma tarefa de investigação genérica, fundamentada na revisão de literatura e nos trabalhos relacionados;

- c) Construção de um modelo formal, através de diagramas de classes, para representar os conceitos e relacionamentos referentes ao conhecimento de agentes inteligentes, fundamentada na revisão de literatura e nos trabalhos relacionados;
- d) Construção de um modelo formal, fundamentada nos trabalhos relacionados, através de diagramas de atividades, para representar o fluxo de controle das tarefas de investigação e também o comportamento dos agentes inteligentes quando executam estas tarefas;
- e) Implementação da ontologia proposta através do editor de ontologias Protégé;
- f) Criação de cenários investigativos capaz de absorver tipos de agentes inteligentes definidos nas teorias de Russell e Norvig (2013), com correspondente aplicação de modelagem de aspectos estruturais (diagrama de classes) e comportamentais (diagrama de atividades);
- g) Elaboração de dois artigos científicos: um em evento regional¹ e outro em evento internacional².
- h) Construção de um protótipo utilizando a ontologia proposta aplicada no domínio policial.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Embora o trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2013) aborde o tema “contexto” nos seus modelos estruturais de tarefas, esta dissertação não contemplou o uso de entidades contextuais em seus diagramas estruturais.

Grosso modo, contexto é o que está por trás da habilidade de definir o que é ou não relevante em um dado momento, e permite que os sistemas filtrem e disseminem informações mais úteis, adaptando seus serviços às necessidades do usuário. Entretanto, o gerenciamento de contexto em sistemas computacionais implica na implementação de diversas tarefas, tais

¹ Uma Ontologia de Tarefa Integrada a Regras de Negócio para Uso de Agentes Inteligentes (BRITTO; LOPES, 2013) publicado no XXIX Congresso Nacional de Estudantes de Computação (ENECOMP'2013) em Vitória da Conquista, Bahia.

² Ontologia de Tarefa de Investigação para uso de Agentes Inteligentes (BRITTO; LOPES, 2015) publicado na X Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI'2015) em Aveiro, Portugal.

como: aquisição, representação, armazenamento, processamento e próprio uso do contexto (VIERA, 2008).

Desta forma, contexto é um tema bastante abrangente, complexo e difuso, o que tornaria a pesquisa envolvendo elementos contextuais bastante abrangentes e fora do nível de uma pesquisa ao nível de um mestrado. Assim, o uso de contexto ficou fora do escopo desta pesquisa.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O restante deste trabalho está organizado em 6 (seis) capítulos, conforme apresentados a seguir:

- a) **Capítulo 2:** descreve a **fundamentação teórica** sobre os temas ontologias de tarefas e agentes inteligentes;
- b) **Capítulo 3:** encontram-se os estudos dos principais **trabalhos relacionados** aos temas desta dissertação;
- c) **Capítulo 4:** mostra o **desenvolvimento da Ontologia de Tarefa de Investigação para uso de Agentes Inteligentes** proposta;
- d) **Capítulo 5:** apresenta um **protótipo** que utiliza a ontologia apresentada no capítulo anterior com a finalidade de avaliar a viabilidade da proposta;
- e) **Capítulo 6:** apresenta uma **síntese** do trabalho realizado e propõe **trabalhos futuros**.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo mostra os fundamentos básicos que embasaram esta pesquisa. O mesmo encontra-se dividido em duas seções principais. A primeira, denominada de Ontologias, está dividida em duas subseções: (i) conceitos, composição e tipos e (ii) ontologias de tarefa. Sendo esta subdivida em: conhecimento de tarefa, visão estrutural do conhecimento de tarefa e visão comportamental do conhecimento de tarefa. A segunda, identificada por Agentes Inteligentes e suas subseções: (i) conceito e definições, (ii) classificação e (iii) ambientes de tarefas de agentes.

2.1 ONTOLOGIAS

2.1.1 Conceitos básicos, composição e tipos

O termo ontologia (onto = ser, logia = ciência) é um conceito há muito tempo utilizado pela Filosofia, definido como o estudo de tipos de coisas que existem (CHANDRASEKARAN; JOSEHSON; BENJAMINS, 1999). Enquanto disciplina da área de filosofia, a ontologia tem como foco principal o fornecimento de sistemas de categorização para a organização da realidade (GUARINO, 1998).

Em relação à ciência da computação, ontologias foram inicialmente aplicadas na Inteligência Artificial como importante ferramenta de representação da taxonomia³ de elementos (GUIZZARDI, 2000). Entretanto, o uso de ontologias, para a comunidade da ciência da computação, vai muito além de uma taxonomia. Passou-se a considerar ontologia como um artefato, constituído de um vocabulário de termos organizados em uma taxonomia, suas definições e um conjunto de axiomas formais usados para criar novas relações e para restringir suas interpretações (GUIZZARDI, 2000; GUARINO, 1998; NOY ; HAFNER, 1997).

³ Refere-se à criação da estrutura (ordem, hierarquia) e dos rótulos (nomes) que ajudam a localizar a informação relevante (ANJOS, 2014).

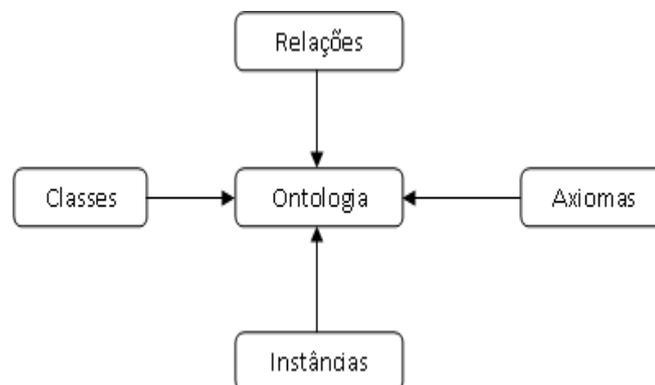
Ainda no tocante à comunidade da ciência da computação, as ontologias recebem definições variadas, entretanto, a mais citada definição de ontologia nesta área expressa que “uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceituação.” (GRUBER, 1993).

Por “conceituação” entende-se serem os objetos, conceitos e outras entidades que podem existir em um determinado domínio, bem como seus relacionamentos. É uma visão abstrata e simplificada do mundo que se deseja representar. Esta visão é a base para a representação formal de conhecimento. Em relação ao termo “especificação explícita”, este significa que os tipos de conceitos usados e as limitações do uso desses conceitos devem ser representados formalmente (PINTO, 2010).

Para complementar o conceito dado por Gruber (1993), Borst (1997) declara que uma ontologia “é uma especificação formal de uma conceituação compartilhada”. A palavra “formal” quer dizer que o conhecimento gerado por uma ontologia deve ser passível de ser processada por uma máquina (FENSEL, 2003). Por sua vez, a palavra compartilhada representa uma informação consensual, não restrita a poucos indivíduos. Portanto, a ontologia deve ser explícita, formal, além de descrever um conhecimento comum a um grupo de pessoas.

As ontologias, normalmente, são compostas por classes, relações (propriedades), instâncias e axiomas (NOY; MCGUINNESS, 2001). A Figura 2.1 exhibe os componentes básicos de uma ontologia.

Figura 2.1 – Componentes Básicos de uma Ontologia



Fonte: Anjos (2014)
Nota: Adaptado.

As classes representam conceitos sobre um determinado domínio e estão organizadas através de uma taxonomia (hierarquia de classe). Por exemplo, pode-se dizer que tanto o ‘Agente Computacional’ quanto o ‘Agente Humano’ são subclasses da classe ‘Agente’. As relações representam um tipo de associação entre os conceitos do domínio. Por exemplo, o relacionamento entre as classes ‘Tarefa’ e ‘Agente’ pode ser representado pelas propriedades *executar_tarefa* e *executada_por*. As instâncias representam os indivíduos em uma ontologia, ou seja, os próprios dados. Por exemplo, para a classe ‘Agente’, a instância Petrônio pode ser criada.

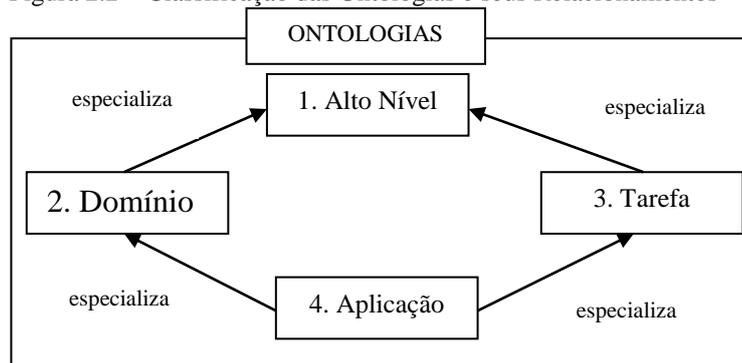
Por sua vez, os axiomas modelam as sentenças que são sempre verdadeiras e, geralmente, são usados para representar o conhecimento que não pode ser formalmente definido em outros componentes, além de permitir a verificação de consistência e inferência de novos dados (SCHMIDT, 2015). Um exemplo de axioma usando os quantificadores universal ‘ \forall ’ (lido como ‘para todo’ ou ‘qualquer que seja’) e existencial ‘ \exists ’ (lido como ‘existe’ ou ‘para algum’) mais o conectivo lógico ‘ \Rightarrow ’ (lido como implica) pode ser descrito da seguinte forma: $\forall x \text{ Investigação}(x) \Rightarrow \exists y \text{ Investigador}(y, x)$. Em linguagem natural, o exemplo está dizendo que ‘para toda investigação existe um investigador’.

Assim, a ontologia elaborada deve ser vista como um componente computacional composto de um vocabulário de conceitos, um modelo gráfico mostrando todas as possíveis relações entre os conceitos e um conjunto de axiomas formais que restringem a interpretação dos conceitos e relações (GUIZZARDI, 2000).

É possível encontrar na literatura diversas tipificações (classificações) para o termo ontologia. Neste trabalho, está descrito o sistema de classificação proposto por Guarino (1998), que sugere o desenvolvimento de diferentes tipos de ontologia, de acordo com o nível de generalidade necessária.

O sistema de classificação proposto por Guarino (1998) foi escolhido por partir do nível mais genérico até chegar a um nível de classificação bem específico. Assim, quanto à generalidade, este autor classifica as ontologias em quatro dimensões: (i) ontologias de fundamentação ou de topo (alto nível); (ii) ontologias de domínio; (iii) ontologias de tarefa; e (iv) ontologias de aplicação. A Figura 2.2 ilustra a classificação das ontologias e seus relacionamentos.

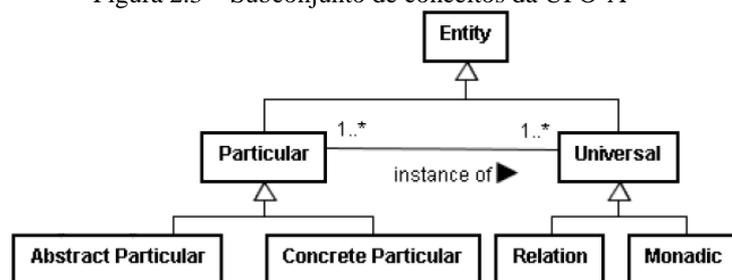
Figura 2.2 – Classificação das Ontologias e seus Relacionamentos



Fonte: Guarino (1998).

As **ontologias de alto nível** descrevem conceitos muito gerais e conceitos amplos, tais como: espaço, tempo, matéria, objeto, etc. Estes conceitos são independentes de um problema ou domínio particular, com o objetivo de unificar critérios entre grandes comunidades de usuários (GUIZZARDI, 2000). Também são chamadas de ontologias de fundamentação ou de topo ou, ainda, de ontologias genéricas e têm sido utilizadas para melhorar a qualidade de linguagens de modelagem e modelos conceituais (GUIZZARDI, 2005). Como exemplo deste tipo de ontologia, cita-se: DOLCE (*Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering*) de Bottazzi e Ferrario (2009), GFO (*General Formal Ontology*) de Herre (2010) e UFO (*Unified Foundational Ontology*) de Guizzardi (2005). A Figura 2.3 ilustra alguns conceitos presentes na UFO⁴, mais especificamente na UFO-A que é uma ontologia de duradouros (*Endurants*), que são objetos que persistem no tempo preservando sua identidade.

Figura 2.3 – Subconjunto de conceitos da UFO-A



Fonte: Guizzardi (2005).

⁴ A UFO (Ontologia de Fundamentação Unificada) tem sido desenvolvida baseada em um número de teorias das áreas de Ontologias Formais, Lógica Filosófica, Filosofia da Linguagem, Linguística e Psicologia Cognitiva. Tem sido aplicada com sucesso para avaliar, (re) projetar e integrar os modelos de linguagens de modelagem conceitual, bem como para prover semântica de mundo real para seus elementos de modelo. Por agregar conceitos relativos a eventos, objetos, agentes e recursos, ela pode ser utilizada no contexto de tarefas para prover semântica aos modelos que capturam o conhecimento dinâmico de uma tarefa. Foi proposta inicialmente em (GUIZZARDI, 2004) e é dividida em três partes complementares: a UFO-A é uma ontologia de indivíduos duradouros (*endurants*) e é o cerne da UFO; a UFO-B é uma ontologia de eventos (*perdurants*); por fim, a UFO-C é uma ontologia de entidades sociais, construída sobre as partes A e B da UFO (MARTINS, 2009).

Todos os elementos da UFO especializam o conceito fundamental denominado *Entity* (Entidade). A distinção principal da UFO está entre as categorias *Universal* (Universais) e *Particular* (Indivíduos). *Universal* refere-se a tipos de entidades, ou seja, padrões de características que podem ser percebidos em diferentes indivíduos. *Particular* é uma entidade que existe na realidade e possui uma identidade única.

Cada *Particular* é instância de algum *Universal*. Sendo este especializado em *Monadic* (Universal Unário) e *Relation* (Relação). O *Monadic* representa um indivíduo e *Relation* representa dois ou mais indivíduos. De acordo com a Figura 2.3, *Particular* ainda pode ser representado por *Concrete Particular* (Indivíduos Concretos) e *Abstract Particular* (Indivíduos Particulares).

As **ontologias de domínio** expressam conceituações de domínios particulares, descrevendo o vocabulário relacionado a um domínio genérico, tal como Medicina e Direito. São os tipos de ontologias mais comumente desenvolvidos. Consequentemente, diversos trabalhos são encontrados na literatura (GUIZZARDI, 2000). Para exemplificar este tipo de ontologia apresenta-se a ontologia de domínio sobre segurança da informação proposta por Almeida, Souza e Coelho (2010). Esta ontologia tem o objetivo de nortear o trabalho de profissionais da área de segurança informação. A Figura 2.4 apresenta um esquema com a finalidade de representar os principais conceitos referentes à segurança da informação em uma organização.

Figura 2.4 – Modelo Conceitual de uma Ontologia de Domínio para Segurança da Informação



Fonte: Almeida, Souza e Coelho (2010).

No modelo conceitual de Almeida, Souza e Coelho (2010), percebe-se que a representação do domínio está organizada em um glossário de termos representativos de conceitos, relações e propriedades.

Na Figura 2.4, observa-se *Ativo* como elemento central do modelo conceitual. Este elemento pode ser compreendido como um bem de propriedade da *Organização* o qual se relaciona com o conceito *Atributo* através da propriedade ‘requer um’. Neste caso, *Atributo* diz respeito a requisitos de segurança, podendo ser um atributo de confidencialidade, de integridade e de disponibilidade, por exemplo.

Ameaça é representada como uma possibilidade de dano aos ativos da organização, que afeta os atributos de segurança específicos (*Vulnerabilidade*). *Controle* representa procedimento padrão sistemático, implementado para atenuar vulnerabilidades, bem como para proteger ativos através de medidas preventivas e corretivas (ALMEIDA; SOUZA; COELHO, 2010).

As **ontologias de tarefas** descrevem tarefas ou atividades genéricas, que podem contribuir na resolução de problemas, independente do domínio em que ocorrem, com a finalidade de facilitar a integração dos conhecimentos de tarefa e domínio. Por ser um dos temas principais deste trabalho, detalhes sobre esse tipo de ontologia estão descritos na seção posterior.

As **ontologias de aplicação** descrevem conceitos que dependem tanto de um domínio particular quanto de uma tarefa específica (MARTINS, 2009). Elas normalmente especializam conceitos das ontologias de domínio e determinam restrições, aplicação e mesmo instanciação de indivíduos de um domínio (GUARINO, 1998).

Como exemplo deste tipo último tipo de ontologia, cita-se: uma ontologia aplicada ao gerenciamento de informações de redes de transporte coletivo de Veiga e Bulcão-Neto (2015). Esses autores utilizaram o *Basic Geo Vocabulary* – um vocabulário RDF⁵ conhecido como WGS84 para fornecer representação de informações espaciais (latitude, longitude, entre outras) – e a ontologia OWL⁶-Time de Hobbs e Pan (2006) para representar informações temporais (instante de tempo, intervalo de tempo, etc.) de uma entidade.

⁵ *Resource Description Framework* (RDF) é uma linguagem para representação de informação sobre recursos na Web, sendo projetada para suportar a interoperabilidade entre aplicações que trocam informações entendíveis por máquinas na Web.

⁶ OWL é uma linguagem baseada em lógica descritiva que enfatiza a construção de ontologias OWL-DL. Utiliza-se de um mecanismo de inferência (*reasoner*) baseado em lógica descritiva para verificar a consistência da ontologia e para computar automaticamente a hierarquia de classes. Foi desenvolvida no âmbito da W3C e pode ser classificada em três espécies, de acordo com a sublinguagem utilizada: OWL-Lite, OWL-DL e OWL-Full.

Através da especialização das ontologias de espaço e tempo citadas no parágrafo anterior, Veiga e Bulcão-Neto (2015) desenvolveram o modelo *OntoBus* criado para o gerenciamento de informação de redes de transporte coletivo, instanciando como exemplo uma determinada linha de ônibus da rede metropolitana de transporte coletivo de uma metrópole brasileira.

As principais classes (os principais conceitos) descritas no modelo *OntoBus* são: (i) *Bus* – classe descreve um ônibus, tendo como propriedades a linha cumprida por este e o seu identificador; (ii) *BusStop* – classe que descreve um ponto (parada) de ônibus, tendo como principais propriedades a sua localização (latitude e longitude) e o identificador ou nome do ponto; e (iii) *Monitoring* – classe que relaciona um *Bus* a um *BusStop*, registrando o horário que o ônibus passou por um determinado ponto e/ou também os horários previstos (vide Figura 2.5).

Figura 2.5 – Informação Temporal

```

1  @prefix time: <http://www.w3.org/2006/time#> .
2  @prefix geo:
   <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#> .
3  @prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
4  @prefix : <http://bus#> .

5  :Bus      a      owl:Class .
6  :BusStop  a      owl:Class .
7  :Monitoring a      owl:Class .

8  :Bus1     a      :Bus;
9           :id     "263_id" .

10 :BusStop1 a      :BusStop ;
11         :name   "31502" ;
12         :locatedAt [ a      geo:Point ;
13                     geo:lat  "-16.671581" ;
14                     geo:long "-49.235329"
15                   ] .

16 :Monitoring1 a      :Monitoring ;
17         :bus      :Bus1 ;
18         :location :BusStop1 ;
19         :time [ a      time:Instant;
20                 time:inXSDDateTime
21                 "2015-01-22T07:00:00"
                ] .

```

Fonte: Veiga e Bulcão-Neto (2015).

A fim de exemplificar o uso das classes do modelo *OntoBus*, observa-se, na figura acima, que nas linhas 5 a 7 são declaradas as classes *Bus*, *BusStop* e *Monitoring*, de acordo com a linguagem OWL. Em seguida, na linha 8, é criado um indivíduo ‘Bus1’ do tipo *Bus*, que possui o **id** “263_id”, como um determinado ônibus para este exemplo. Também é criado um indivíduo ‘BusStop1’, do tipo *BusStop*, na linha 10, cuja propriedade **name** possui o valor “31502”, que é o identificador do ponto de ônibus em questão. O indivíduo ‘BusStop1’ possui

ainda sua localização, através das propriedades latitude e longitude, da classe *Point*, importada pelo *OntoBus* do vocabulário WGS84 (VEIGA; BULCÃO-NETO, 2015). A partir da linha 16 é realizada a associação da instância ‘Bus1’ ao ponto ‘BusStop1’, onde registra-se o momento exato em que o ônibus esteve no ponto, através da classe *Instant*, importada da ontologia OWL-Time.

Em relação aos tipos de ontologias definidos por Guarino (1998), pode-se concluir que os conceitos de uma ontologia de domínio ou de tarefa devem ser especializações dos termos introduzidos por uma ontologia de alto nível. Por sua vez, os conceitos de uma ontologia de aplicação devem ser especializações dos termos das ontologias de domínio e de tarefa correspondentes (GUIZZARDI, 2000).

2.1.2 Ontologias de Tarefa

As ontologias de tarefa capturam o conhecimento genérico a respeito de uma determinada tarefa. O vocabulário de termos de uma ontologia de tarefa, normalmente, envolve substantivos genéricos que independem do domínio de atuação dessa ontologia. Por exemplo, em uma ontologia de tarefa de investigação, o termo ‘Investigador’ pode ser usado em um domínio educacional, policial, empresarial, etc.

Os substantivos podem representar as classes (os conceitos) de um domínio genérico. Desta forma, ‘Investigador’ pode ser uma classe do domínio genérico ‘Investigação’. O termo ‘Investigador’ é um conceito envolvido em uma tarefa de investigação que representa um papel de conhecimento que entidades do domínio (por exemplo, agentes e objetos) podem exercer na execução de uma tarefa (MIZOGUCHI; VANWELKENHUYSEN; IKEDA, 1995).

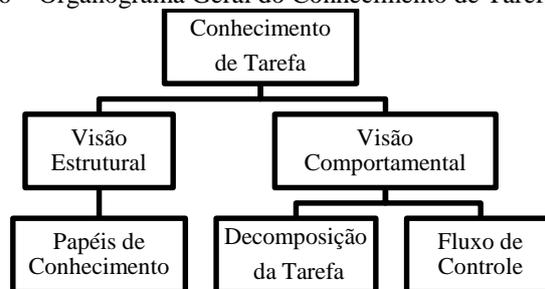
Além dos substantivos, os verbos normalmente fazem parte do vocabulário de termos de ontologia de tarefas. Eles têm a finalidade de definir as ações dos agentes em seu ambiente de tarefa. Desta forma, o verbo ‘coletar’ pode indicar uma ação que deverá ser executada por algum agente. A junção de um substantivo mais um verbo gera uma tarefa (PARK; YOON; KWON, 2012), por exemplo, ‘coletar dados’.

A execução de uma tarefa pode ser dividida em subtarefas. Para executar a tarefa ‘coletar dados’, imagina-se que o agente deva realizar algumas subtarefas como, por exemplo, ‘buscar

informações em base de dados’ e ‘entrevistar investigado’. Deste modo, ‘buscar informações em base de dados’ e ‘entrevistar investigado’, são subtarefas da tarefa ‘coletar dados’.

O conhecimento de tarefa envolve a decomposição da tarefa em subtarefas, o fluxo de controle entre as subtarefas e os conceitos do domínio que vão exercer na execução da tarefa, ou seja, os papéis de conhecimento envolvidos na realização de uma tarefa. A decomposição da tarefa em subtarefas e o fluxo de controle referem-se à visão comportamental da tarefa, enquanto que os papéis de conhecimento dizem respeito à visão estrutural da tarefa (MARTINS, 2009). A Figura 2.6 mostra a estrutura hierárquica do conhecimento de tarefa.

Figura 2.6 – Organograma Geral do Conhecimento de Tarefa



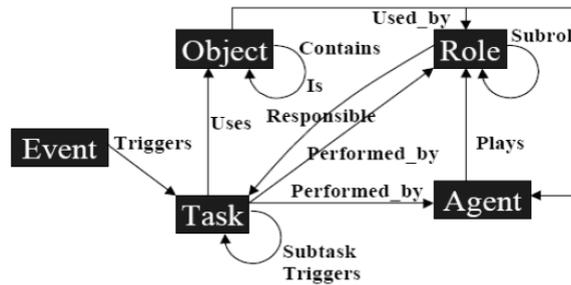
Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Especificar a execução de uma tarefa, mesmo que genérica, não é um trabalho simples. Assim, com o objetivo de especificar as necessidades de abstração em alto nível de tarefa, primeiramente foi preciso compreender a estrutura do conhecimento de tarefa através de suas visões estrutural e comportamental.

2.1.2.1 Visão Estrutural do Conhecimento de Tarefa

A visão estrutural da ontologia de tarefa apresentada por Van Welie, Van Der Veer e Eliëns (1998) permite identificar conceitos importantes que devem estar presentes em ontologia de tarefas como, por exemplo, tarefa (*Task*), objeto (*Object*), agente (*Agent*), papel (*Role*) e evento (*Event*) (vide Figura 2.10).

Figura 2.7 – Conceitos e Relações de uma Ontologia de Tarefa



Fonte: Van Welie, Van Der Veer e Eliëns (1998).

Para Van Welie, Van Der Veer e Eliëns (1998), uma tarefa é uma atividade executada por (*Performed_by*) agentes as quais podem ser decomposta em subtarefas (*Subtask*), visando atingir determinado objetivo. Um agente (*Agent*) é uma entidade ativa que executa tarefas e pode desempenhar, exercer (*plays*) papéis de conhecimento. Neste caso, pode-se imaginar um agente exercendo, em um dado momento, o papel de investigador ao executar a tarefa ‘coletar dados’.

Um papel (*Role*) é uma coleção significativa de tarefas executadas por um ou mais agentes. Um papel é significativo quando se tem um objetivo claro ou quando se faz a distinção entre os grupos de agentes. Cada agente (ou grupo de agentes) desempenha seus respectivos papéis em uma tarefa. Um papel, portanto, pode englobar uma ou mais tarefas. Desta forma, pode-se imaginar o papel ‘Investigador’ englobando as tarefas: ‘perceber ambiente’, ‘entrevistar investigado’, ‘efetuar reconhecimento’, etc.

Quando um agente está desempenhando um papel, este passa a ser responsável (*Responsible*) pela tarefa. Por exemplo, o papel de investigador, a ser desempenhado por um agente, será o responsável por ‘entrevistar investigado’. Desta forma, ‘entrevistar investigado’ pode ser definido como uma tarefa, enquanto que ‘investigador’ representa o papel de conhecimento que pode ser exercido por um ou mais agentes.

Uma tarefa é executada por (*Performed_by*) um ou mais papéis exercidos pelo agente. Deste modo, quando um agente exerce o papel de projetista de cinema, este papel será o responsável por ‘operar projetor’. Portanto, ‘operar o projetor’ pode ser definido como uma tarefa enquanto que ‘projetista de cinema’ representa o papel.

Um objeto (*Object*) é uma entidade que possui atributos como nome e valor. Pode pertencer a uma estrutura hierárquica e ainda estar contido em outros objetos. Um objeto do tipo formulário pode conter diversos outros objetos como campo de endereço, botão de seleção, etc.

Na Figura 2.7, verifica-se a possibilidade do uso de objetos tanto pelos papéis de conhecimento quanto pelos agentes. O relacionamento *Used_by* expressa esta possibilidade. Os objetos podem ser usados por papéis e/ou por agentes durante a execução de uma tarefa. Ao exercer o papel de investigador, um agente pode usar um objeto do tipo arma para executar determinadas tarefas.

Um evento (*Event*) modela os aspectos dinâmicos de uma tarefa, ou seja, refere-se a uma mudança de estado do ambiente de tarefa, podendo refletir alterações nos valores dos atributos das entidades acima descritas. Ademais, um evento pode desencadear (*Triggers*) a execução de uma tarefa. Deste modo, afirma-se que os eventos são bastante úteis para modelar reações não rotineiras de uma tarefa como, por exemplo, ao se perceber uma falha na operação da arma, algum evento deve ser disparado.

Para explicar de forma mais detalhada o relacionamento entre esses conceitos, Van Welie, Van Der Veer e Eliëns (1998) recorreram à lógica de primeira ordem⁷. Assim, o relacionamento *Responsible* especifica que um papel é responsável por uma tarefa. Sua sintaxe em lógica de primeira ordem é expressa por *Responsible(Role, Task)*.

Mizoguchi, Vanwelkenhuysen e Ikeda (1995) afirmam que uma ontologia de tarefa envolve um vocabulário genérico que consiste de substantivos genéricos, verbos genéricos, adjetivos genéricos, restrições relacionadas ao vocabulário genérico e objetivos. Para esses autores, uma ontologia de tarefa é definida como um conjunto de primitivas para representação da estrutura da tarefa que pode ser utilizada em diferentes domínios.

Através do uso de um vocabulário genérico, os autores citados no parágrafo anterior identificaram os verbos e substantivos genéricos para uma ontologia de tarefa de agendamento (*scheduling task*). Os verbos representam as atividades primitivas de um

⁷ A lógica de primeira ordem expressa fatos sobre os objetos do universo do discurso, permitindo representar leis ou regras gerais, tendo seu compromisso ontológico com fatos, objetos e relações (RUSSELL; NORVIG, 2013).

processo de solução de problema. Enquanto que os substantivos representam os papéis de conhecimento que determinadas entidades do domínio desempenham quando uma tarefa é realizada. A Figura 2.8 apresenta um subconjunto do vocabulário genérico da tarefa de agendamento referente aos substantivos e verbos genéricos.

Figura 2.8 – Subconjunto dos substantivos e verbos genéricos da Tarefa de Agendamento

Generic nouns(40 in total)	RSC/RCP verb
Schedule Recipient: RCP	Generate: Generates objects to process
RCP-GRP	Assign: assign RSC and time to RCP
Schedule Resource: RSC	Classify: classify objects into groups
RSC-GRP	Combine: make tuples of objects
Schedule	Compute: obtain value of object
Schedule, Subschedule, Intermediate solution,	Divide: divide objects into groups
Final solution, etc.	Insert: insert an object into a list
Schedule representation	Merge: merge some objects
Gantt chart, Time table, etc.	Permute: generate a permutation
Constraint, Goal, Priority, Data/Information	Pickup: take an objects from list
	Remove: remove objects from list
	Select: take objects satisfying a condition from list

Fonte: Mizoguchi, Vanwelkenhuysen e Ikeda (1995).

Na Figura 2.8 percebe-se que os substantivos são usados para representar os papéis dos objetos presentes em uma determinada tarefa. Por exemplo, termos como agenda (*Schedule*), representação da agenda (*Schedule Representation*), recurso de agendamento (RSC - *Schedule Resource*) e beneficiário do agendamento (RCP - *Schedule Recipient*) são identificados como substantivos genéricos.

Por sua vez, os verbos descrevem as atividades necessárias para se chegar a uma solução. Por exemplo, em uma tarefa de agendamento os verbos marcar (*Assign*) e selecionar (*Select*) representam atividades típicas de um agendamento.

A Figura 2.9 apresenta um subconjunto dos adjetivos, restrições e objetivos genéricos usados na tarefa de agendamento de Mizoguchi, Vanwelkenhuysen e Ikeda (1995).

Figura 2.9 – Subconjunto adjetivos genéricos, objetivos e restrições de da Tarefa de Agendamento

Constraint-vocabulary(67 in total)	
Constraint/Condition Strong constraint, Weak constraint, etc.	Generic adjective, 11 in total Unassigned, Previous, Last, Next, Satisfying, Violating, etc.
Constraint adjective Maximal, Minimal, Earliest, Latest, Longest, Shortest, Largest, Smallest, etc.	
Constraint-predicate Equal to, Larger than, Smaller than, Include, Exclude, Overlap, etc.	Goal(21 in total)
Attribute(Component of constraint)	Status Maximum, Minimum, Uniform, Continuous
Time interval Time available, Assigned time, etc.	Object Load balance, Rate of operation, Efficiency, Idle time, Operation time, etc.
Time point Due date, Starting time, Ending time, etc. Frequency, Efficiency, Priority, Load, Cost, Tolerance, Amount, etc.	

Fonte: Mizoguchi, Vanwelkenhuysen e Ikeda (1995).

Em relação aos adjetivos genéricos utilizados na tarefa de agendamento de agendamento, Mizoguchi, Vanwelkenhuysen e Ikeda (1995) afirmam que os adjetivos modificam a aparência das sentenças descritas em uma tarefa de agendamento como, por exemplo, próximo (*Next*), último (*Last*), não marcado (*Unassigned*), etc.

As restrições podem envolver determinados componentes como, por exemplo, o atributo intervalo de tempo (*Time interval*) que uma tarefa necessita para ser executada. Por outro lado, os objetivos referem-se às preferências que caracterizam uma tarefa de agendamento. Como exemplo, cita-se o tempo necessário à execução de uma determinada tarefa.

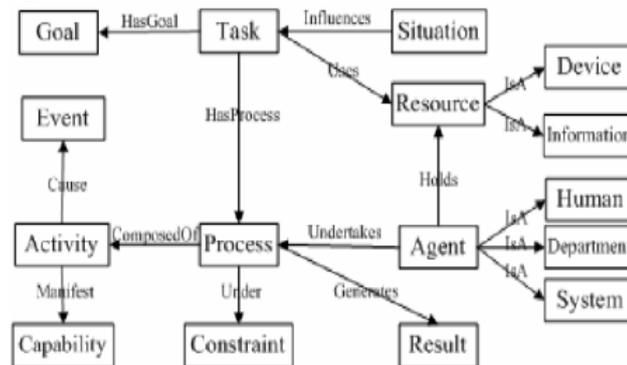
Ainda analisando o aspecto estrutural de ontologias de tarefa, observou-se a ontologia de Rajpathak e Motta (2001). Esta ontologia assim como a de Mizoguchi, Vanwelkenhuysen e Ikeda (1995) descreve uma tarefa de agendamento.

Entretanto, Rajpathak e Motta (2001) definem o vocabulário de conceitos de sua ontologia através de sete dimensões: Tarefa (*Job*); Recurso (*Resource*); Restrição Rígida (*Hard Constraint*); Restrição Flexível (*Soft Constraint*); Intervalo de Tempo (*Schedule Time-Range*); Preferência (*Preference*); e Função Custo (*Cost Function*).

Por outro lado, a classe *Cost Function* providencia um critério global, de acordo com determinadas preferências (*Preference*), para definir um custo que esteja relacionado com as diferentes soluções de um agendamento de tarefa. Por fim, a classe *Preference* ajuda a classificar as diversas soluções de agendamento, de acordo com algum critério estabelecido, de forma que um *ranking* contendo as soluções possíveis possa ser oferecido.

No contexto de tarefas e processos, Zong-Yong et al. (2007) buscam estruturar o conhecimento de tarefa usando-o como base para a definição de linguagens para representação de ontologias de tarefa. Esses autores apresentam uma estrutura do conhecimento de tarefa através de diversos construtores (vide Figura 2.11).

Figura 2.11 – Estrutura do Conhecimento de Tarefa



Fonte: Zong-Yong et al. (2007).

No metamodelo de Zong-Yong et al. (2007), uma tarefa (*Task*) tem objetivos (*Goal*), pode ser influenciada (*Influences*) por uma situação (*Situation*), usa (*Uses*) recursos (*Resource*) e tem processo (*Process*) de execução. Assim, verifica-se que construtor *Task* relaciona-se diretamente com os construtores: *Goal*, *Process*, *Resource* e *Situation*.

A Figura 2.11 informa que os agentes (*Agent*) detém (*Holds*) recursos (*Resource*), do tipo (*IsA*) dispositivo (*Device*) ou informação (*Information*), os quais podem ser utilizados durante à execução da tarefa. Ademais, os agentes podem ser do tipo (*IsA*) humano (*Human*) ou computacional, sendo este último tipo identificado por departamento (*Department*) ou sistema (*System*). Os agentes ainda se comprometem (*Undertakes*) com o processo de execução da tarefa que ao final deve gerar (*Generates*) um resultado (*Result*).

Os processos, por sua vez, são compostos por atividades (*Activity*). Sendo que cada atividade de um processo pode sofrer (*Under*) restrições (*Constraint*), manifestar (*Manifest*) alguma capacidade (*Capability*) e causar (*Cause*) determinados eventos (*Event*).

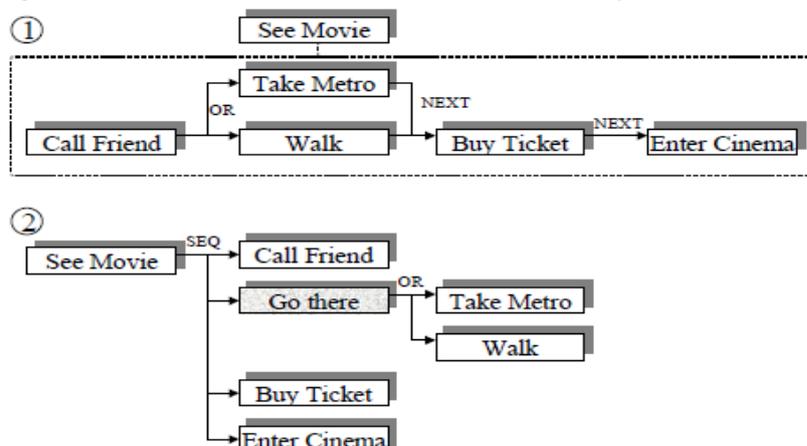
Diante do que foi apresentado, pode-se ratificar que a visão estrutural de uma ontologia de tarefa específica conceitos e relacionamentos envolvidos em uma tarefa de interesse (MARTINS, 2009). Independente do modelo a ser seguido, importa destacar que os aspectos estruturais de ontologias de tarefas devem ser descritos de forma bastante clara e seus relacionamentos devem ser explicitamente identificados e modelados.

2.1.2.2 Visão Comportamental do Conhecimento de Tarefa

A visão comportamental aborda a divisão das tarefas em subtarefas e também o fluxo de controle entre as subtarefas (MARTINS, 2009), informando, principalmente, as condições e a ordem de execução dessas subtarefas.

Em Van Welie, Van Der Veer, e Eliëns (1998), observa-se um fluxo de controle sequencial representando a tarefa ‘ir ao cinema’ (*go to the cinema*) (vide Figura 2.12). A primeira parte da Figura 2.12 mostra o fluxo sequencial através de um eixo que representa o tempo. Enquanto que a segunda parte ilustra a mesma tarefa, através do formato de árvore de tarefas.

Figura 2.12 – Fluxo de Controle da tarefa ‘ir ao cinema’ (*go to the cinema*)



Fonte: Van Welie, Van Der Veer e Eliëns (1998).

No exemplo da Figura 2.12, observa-se que a tarefa ‘ver filme’ (*See Movie*) foi decomposta em diversas subtarefas, sendo apresentada, no primeiro tipo, a seguinte sequência: ‘chamar

amigo' (*Call Friend*), 'pegar metrô' (*Take Metro*) ou 'caminhar' (*Walk*), 'comprar bilhete' (*Buy Ticket*) e 'entrar no cinema' (*Enter Cinema*).

No segundo tipo fez-se necessário a adição de uma tarefa extra, podendo ser compreendida como uma tarefa abstrata, identificada por 'ir lá' (*Go there*). Esta tarefa foi necessária para definir as possíveis maneiras de ir ao cinema. Neste caso específico, a ida ao cinema pode ser feita a pé (*Walk*) ou de metrô (*Take Metro*).

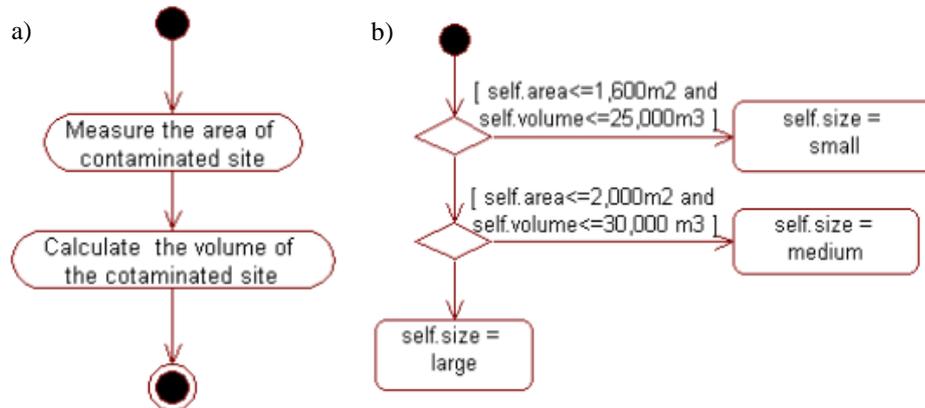
A visão comportamental dá suporte a relacionamentos temporais entre as tarefas, podendo também descrever os agentes que as realizam e, ainda, indicar os objetos do domínio do problema que são manipulados durante a execução da tarefa (PATERNÒ; MANCINI; MENICONI, 1997).

Normalmente, o fluxo de controle entre as tarefas é representado através de diagrama de atividades. Um diagrama de atividades é um modelo comportamental que permite capturar, entre outras coisas, a ordem de subtarefas e suas condições de execução (ou seja, o fluxo de controle) (MARTINS, 2009).

Em Wang e Chang (2001) observa-se uma visão comportamental para representar atividades relacionadas ao domínio de remediação de águas contaminadas por petróleo. Eles utilizaram diagramas de atividades da UML (*Unified Modeling Language*) para representar tanto a visão de atividade quanto a visão operacional da tarefa.

A visão de atividade permite representar a ordem de execução das atividades. A visão operacional é restrita a representar os raciocínios envolvidos nessas tarefas. A Figura 2.13 ilustra essas duas visões através de elementos usados em diagramas de atividades UML.

Figura 2.13 – Representação de fluxo de controle de tarefas utilizando de diagrama de atividades



Fonte: Wang e Chang (2001).

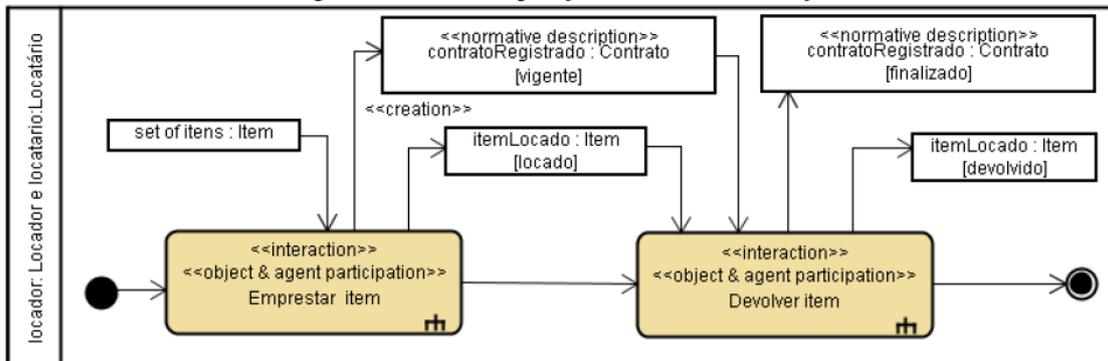
Observa-se, na Figura 2.13 a), que a atividade de mensurar a área contaminada (*Measure the area of contaminated site*) é anterior (precede) ao cálculo do volume de água contaminada (*Calculate the volume of the contaminated site*). O lado b) da citada Figura é restrito a representar os raciocínios envolvidos nessas tarefas. Os autores utilizaram expressões OCL⁸ para representar as condições que definem se a área contaminada é pequena (*small*), média (*medium*) ou grande (*large*).

Na Figura 2.13 a), observa-se que as tarefas são representadas por ações que têm como objetivo atender alguma intenção do agente. A UML define ação como um elemento que é uma unidade fundamental para a execução de uma funcionalidade e atividade como uma sequência coordenada de ações (OMG, 2015).

Em um diagrama de atividades é possível representar a relação com papéis de conhecimento, mostrando como se comportam as instâncias desses papéis na execução de uma tarefa. A Figura 2.14 ilustra um diagrama de atividades UML que mostra a decomposição da tarefa de locação, envolvendo as instâncias ‘locador’ e ‘locatário’ desempenhando os respectivos papéis ‘Locador’ e ‘Locatário’ durante uma tarefa de locação.

⁸ OCL (*Object Constraint Language*) é uma linguagem de expressões para especificar restrições aplicadas a modelos UML que podem ser utilizadas para especificar operações/ações que, quando executadas, alteram o estado do sistema.

Figura 2.14 – Decomposição de Tarefa de Locação



Fonte: Martins (2009).

Quando se trata da chamada de uma atividade, está se indicando que a mesma ocorre naquele ponto do fluxo e que suas ações são modeladas em outro diagrama, sendo a atividade, portanto, de natureza complexa e composta de ações ou outras atividades (MARTINS, 2009).

Para ilustrar uma atividade de chamada, o diagrama de atividades UML utiliza um retângulo de cantos arredondados com o símbolo de ‘ancinho’ associado ao nome dessa atividade (vide as subtarefas ‘Emprestar item’ e ‘Devolver item’ na Figura 2.14).

Destaca-se que a visão comportamental pode ser construída usando diversos tipos de diagramas para mostrar diferentes perspectivas. O diagrama de atividades representa o fluxo de tarefas e subtarefas, exibindo suas condições de execução. Porém, diagramas como o de estados, o de sequência, o de casos de usos, entre outros também podem representar o aspecto comportamental de um sistema.

2.2 AGENTES INTELIGENTES

2.2.1 Conceitos e definições

O termo agente pode ser compreendido como aquele que opera, agencia, age; podendo ser qualquer entidade que perceba seu ambiente através de sensores e seja capaz de agir sobre esse ambiente através de atuadores (RUSSELL; NORVIG, 2013). O sensor possibilita as percepções enquanto que o atuador permite as ações do agente em um determinado ambiente.

Um agente humano, por exemplo, pode-se relacionar com o ambiente em que está inserido através de seus sentidos. Pelo tato, o agente humano é capaz de pegar algo; pela audição,

capta-se e ouvi-se o som; pela visão, veem-se objetos; pelo olfato, identificam-se os cheiros e pelo paladar, sentem-se os sabores.

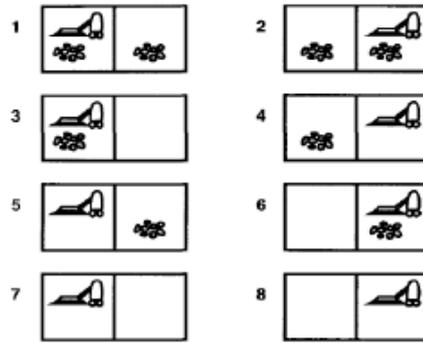
Analogamente, um agente de software, exercendo o papel de professor e operando em um ambiente virtual de aprendizagem, pode perceber esse ambiente por meio de alguma mensagem e atuar através da exibição de alguma informação na tela.

Por sua vez, a denominada inteligência dos agentes é uma técnica da Inteligência Artificial que pode ser aplicada em sistemas computacionais. Porém, não há uma isonomia na definição do termo ‘agente inteligente’ por parte dos pesquisadores desta área. Cada pesquisador busca características diferentes para definir a inteligência dos agentes (LUCENA, 2003).

Russell e Norvig (2013) utilizam-se da racionalidade para definir agente inteligente. Para estes pesquisadores, um agente inteligente ou racional é aquele que seleciona suas ações de forma que estas venham maximizar uma medida de desempenho, que define o critério de sucesso, dada a evidência fornecida pela sequência de percepções e por qualquer conhecimento adquirido pelo agente.

A definição acima pode ser exemplificada através do projeto do agente aspirador de pó em um mundo simplificado. Este agente foi elaborado com o intuito de satisfazer certos objetivos de usuário. Nesse caso, o agente aspirador de pó deve ser capaz de limpar um ambiente estático formado por duas salas (A e B) que podem conter sujeira. O sensor do aspirador disponibiliza apenas informações locais a respeito da sala (A ou B) e do estado da sala (L-limpa ou S-suja) em que o agente está. Os atuadores do aspirador permitem que ele aspire, vá para a esquerda ou para direita de uma sala. A Figura 2.15 ilustra os estados possíveis no mundo do aspirador de pó simplificado.

Figura 2.15 – Mundo simplificado do aspirador de pó com dois locais



Fonte: Gonçalves (2009).

Considerando o ambiente simplificado e as ações do agente (mover à direita, mover à esquerda e limpar as duas salas), pode-se afirmar que, independentemente da configuração inicial do mundo, o agente aspirador de pó simplificado esboçado na Figura 2.15 é racional. Pois, para este mundo, não existe outro mapeamento capaz de produzir um desempenho melhor. Mesmo que a medida de avaliação de desempenho do agente seja alterada, é possível conceber um agente racional capaz de parar quando as salas estiverem limpas (GONÇALVES, 2009).

Para Wooldridge e Jennings (1995) um agente inteligente é aquele capaz de realizar ações autônomas de forma flexível a fim de atender os objetivos de projeto. Para eles, a flexibilidade significa reatividade, ou seja, os agentes inteligentes devem ser capazes de perceber seu ambiente e responder em tempo hábil às mudanças ocorridas nesse ambiente.

Wooldridge e Jennings (1995) optam por definir a inteligência dos agentes através de uma série de comportamentos que os mesmos deverão possuir, tais como autonomia, capacidade de comunicação, adaptabilidade (capacidade de analisar o ambiente e reagir a eventos que ocorram), entre outros.

Este trabalho, assim como Wooldridge e Jennings (1995), considera agente inteligente como aquele capaz de realizar ações de forma autônoma, que seja adaptável ao seu ambiente de tarefa e que possa se comunicar com outros agentes que fazem parte do mesmo ambiente.

Desta forma, os agentes inteligentes podem ser vistos como entidades autônomas capazes de realizar os objetivos (satisfazer interesses) dos usuários. Sendo que esses objetivos podem incluir tarefas como, por exemplo, a obtenção de saldo bancário, a busca de informações

específicas, o agendamento de compromisso, a detecção de intrusos em redes de computadores, etc. (PARKS, 2001 *apud* LUCENA, 2003).

2.2.2 Classificação

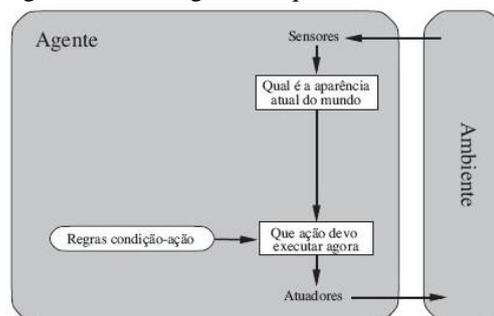
Esta subseção descreve a classificação de agentes apresentada por Russell e Norvig (2013). Esses autores apresentam quatro tipos básicos de programas de agentes, sendo que cada tipo especifica como se dá o processo de decisão e a escolha da ação a ser tomada, de acordo com as percepções obtidas. Os tipos definidos são: (i) agente reativo simples; (ii) agente reativo baseado em modelo; (iii) agente baseado em objetivo; e (iv) agente baseado em utilidade.

2.2.2.1 Agente Reativo Simples

Este tipo de agente é um sistema de produção em que as entradas do ambiente são comparadas com regras para determinar que ações executar, ou seja, os agentes reativos simplesmente reagem a eventos no seu ambiente conforme regras predeterminadas (COPPIN, 2010).

Para Russell e Norvig (2013), as ações de um agente reativo simples são guiadas por regras do tipo condição-ação (veja Figura 2.16). Este tipo de regra pode ser representada da seguinte forma: “Se $A=B$ então C ”. Neste caso, o agente testa uma possível condição ($A=B$) e determina a ação (C) a ser executada.

Figura 2.16 – Diagrama esquemático de um Agente Reativo Simples



Fonte: Russell e Norvig (2013).

O agente aspirador de pó, citado na subseção anterior, é um agente do tipo reativo simples, pois ele age de acordo com uma regra condição-ação. Assim, tem-se, como exemplo válido, a seguinte regra: *se estado da sala = sujo então aspirar*.

Para toda percepção verifica-se a existência de regras correspondentes, contendo as condições e as ações associadas ao estado atual. Após a identificação desse estado, localiza-se a regra e é retornada a ação correspondente vinculada à regra. Por exemplo, ao se imaginar um agente motorista em uma estrada e um estado atual em que as luzes de freio do carro da frente acendem-se; este estado logo que notado pelo agente motorista, deverá ativar alguma regra do tipo condição-ação. Desta forma, pode-se dizer que ‘se o carro da frente estiver freando’ a ação ‘começar a frear’ deverá ser executada. Portanto, o agente reativo simples age de acordo com uma regra cuja condição corresponde ao estado atual definido pela percepção (RUSSELL; NORVIG, 2013).

Os agentes reativos simples executam um mapeamento direto, relacionando as possíveis informações de entrada (percepções) com cada uma das ações que o agente poderá realizar no ambiente de tarefa. Esses agentes selecionam ações com base na percepção atual, ignorando o restante do histórico de percepções (BRESSANE, 2010).

É comum dizer que o agente reativo simples esquece seu próprio passado (GONÇALVES, 2009). Por exemplo, um agente robótico que seleciona ou descarta peças de acordo com um determinado critério, em uma linha de produção, pode ser implementado como um agente reativo simples. Nesse caso, a seleção ou o descarte apropriado de cada peça ignora a seleção ou o descarte anterior feito por esse agente.

2.2.2.2 Agente Reativo Baseado em Modelo

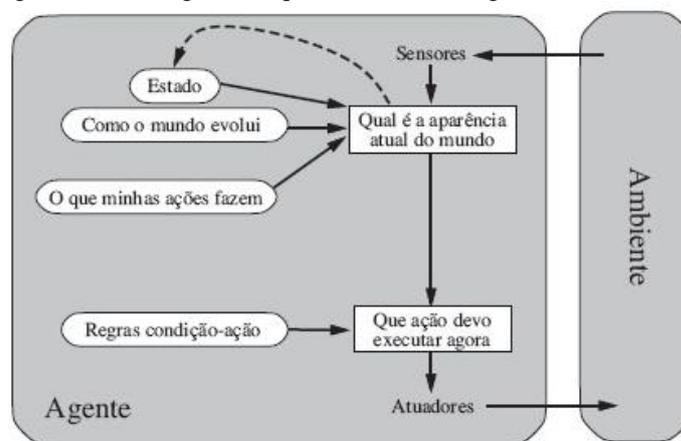
Este tipo de agente é bastante similar ao agente reativo simples. A diferença entre os dois está no fato de que o agente reativo baseado em modelo mantém algum tipo de estado interno que armazena informações históricas sobre o seu ambiente.

O estado interno deve ser atualizado através de uma função e é descrito por alguns autores como crenças do agente. Portanto, as crenças são informações conhecidas pelo agente que

devem ser atualizadas à medida que os episódios vão acontecendo (SILVA, 2004; GONÇALVES, 2009).

Assim, além de incorporar as regras condição-ação em sua tomada de decisão, o agente reativo baseado em modelo leva em consideração o estado interno mantido em seu ambiente (GONÇALVES, 2009). A Figura 2.17 fornece a estrutura do agente reativo baseado em modelo com seu estado interno.

Figura 2.17 – Diagrama esquemático de um Agente Reativo baseado em Modelo



Fonte: Russell e Norvig (2013).

Independente, do tipo de representação utilizada, raramente é possível determinar o estado atual exato de um ambiente em que não seja possível a total observação feita pelo agente. Na Figura 2.17, verifica-se que a caixa rotulada com “qual é a aparência atual do mundo” representa o melhor palpite do agente. Porém, mesmo diante da incerteza sobre o estado atual, o agente terá que tomar uma decisão (RUSSELL; NORVIG, 2013).

Desta forma, ao se imaginar o mundo do agente aspirador de pó descrito acima, em que os sensores do agente não ofereçam acesso ao estado completo do ambiente, ou seja, este agente percebe apenas a sala e o estado da sala em que está, é conveniente, neste caso, que o agente mantenha em sua estrutura de dados interna uma descrição de estado do ambiente que é atualizada à medida que os episódios vão acontecendo. Outro exemplo para este tipo de agente seria um agente comprador que guarda ofertas de fornecedores para decidir (de acordo com o preço e melhores opções de entrega) de quem irá comprar determinados produtos. (GONÇALVES, 2009).

O Agente Reativo Baseado em Modelo é uma evolução do agente reativo simples. Pode-se dizer que o agente reativo baseado em modelo estende o agente reativo simples ou puramente reativo.

2.2.2.3 Agente Baseado em Objetivo

Russell e Norvig (2013) afirmam que conhecer algo sobre o estado atual do ambiente nem sempre é suficiente para executar a ação correta. Por exemplo, ao supor um agente motorista, que presta serviços a um passageiro e que está em um entroncamento, podendo seguir em frente, virar à esquerda ou virar à direita; a decisão correta de que ação executar dependerá de onde o agente motorista deseja chegar. Desta forma, o agente baseado em objetivo escolhe uma ação que o levará à realização de seus objetivos, neste caso, o destino do passageiro.

Este tipo de agente, assim como o agente reativo baseado em modelo, possui informações históricas sobre o estado interno do ambiente, porém ele também precisa de alguma espécie de informação sobre objetivos que mostre situações desejáveis (RUSSELL; NORVIG, 2013).

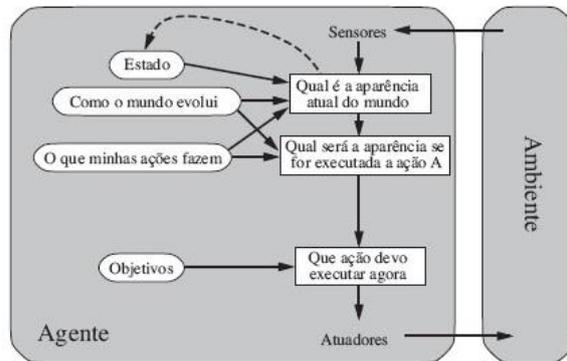
Algumas vezes a ação baseada em objetivos é direta, quando o objetivo do agente é satisfeito com uma única ação. Porém, em situações mais complexas, uma sequência extensa de ações é necessária para atingir o objetivo (RUSSELL; NORVIG, 2013). Neste caso, um plano pode ajudar a encontrar uma sequência de ações que possibilite aos agentes alcançarem seus objetivos.

Além do estado interno (crenças), o agente baseado em objetivo deve ter um subconjunto de estados que satisfaça seus objetivos (meta). Por exemplo, um turista que esteja no Brasil e que tenha como objetivo visitar alguns pontos turísticos, os estados são os pontos turísticos Brasileiros, a meta é um subconjunto dos pontos turísticos, ou seja, aqueles que o turista pretende visitar (GONÇALVES, 2009).

Para que o agente baseado em objetivo possa alcançar seu objetivo, ele necessita de um planejamento. Sendo que o planejamento recebe um problema como entrada e utiliza busca e/ou lógica para encontrar uma sequência de ações que visa atingir um objetivo.

A Figura 2.18 mostra um esquema de como o agente baseado em objetivo monitora o estado do mundo, bem como um conjunto de objetivos que o mesmo tenta atingir e a escolha de uma ação que levará a realização dos seus objetivos.

Figura 2.18 – Diagrama esquemático de um Agente Reativo baseado em Objetivo



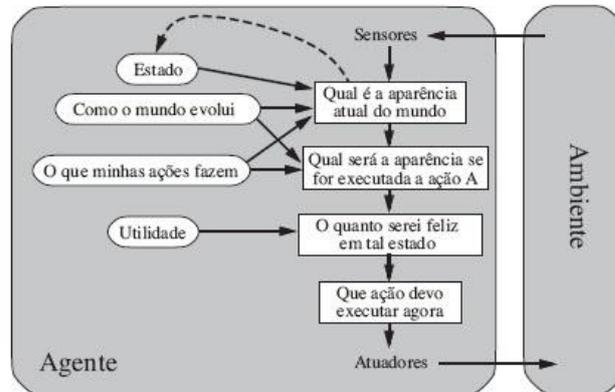
Fonte: Russell e Norvig (2013).

Este tipo de agente não se baseia em regras do tipo condição-ação para a tomada de decisão. Neste caso, não há um mapeamento direto das percepções em ações. O agente baseado em objetivo envolve considerações do futuro. Isto pode ser observado no rótulo da caixa “qual será a aparência do mundo se for executada a ação A”. Assim, se o agente reativo freia quando vê as luzes de freio do carro logo a sua frente freando, o agente baseado em objetivo, em princípio, poderia ponderar e em vez de frear, reduziria sua velocidade a fim de alcançar o objetivo de não atingir outros carros (RUSSEL; NORVIG, 2013).

2.2.2.4 Agente Baseado na Utilidade

Nem sempre os objetivos são suficientes para gerar um comportamento ótimo por parte dos agentes. Em relação ao agente motorista, por exemplo, existem muitas sequências de ações que o levarão até o destino do passageiro, porém algumas podem ser mais rápidas enquanto outras, mais seguras. Desta forma, tendo em vista melhorar o comportamento do agente, uma função responsável por mapear um conjunto de estados possíveis com um grau de utilidade associado passa a ser considerada, sendo denominada de função utilidade (GONÇALVES, 2009). A estrutura deste tipo de agente é mostrada na Figura 2.19.

Figura 2.19 – Diagrama esquemático de um Agente baseado na Utilidade



Fonte: Russell e Norvig (2013).

Segundo Gonçalves (2009), a função utilidade é importante quando existem vários objetivos que o agente deseja alcançar e nenhum deles pode ser atingido com certeza. Neste caso, a utilidade deve fornecer um meio pelo qual a probabilidade de sucesso pode ser ponderada em relação à importância dos objetivos (RUSSELL; NORVIG, 2013).

Os agentes baseados em utilidade também precisam ficar atentos aos objetivos para executar suas ações. Eles realizam um estudo para saber qual é a melhor forma de atingir os objetivos que os conduzem a uma boa medida de desempenho. Assim, pode-se dizer que o agente baseado em utilidade é uma evolução (extensão) do agente baseado em objetivo.

2.2.3 Ambiente de Tarefa de Agentes

Afirmar que um agente está inserido em um determinado ambiente de tarefa, implica dizer que esse agente encontra-se exposto a interações nesse ambiente. Exemplos: um robô numa fábrica; um agente de software que negocia na Internet; um instrutor interativo em um ambiente virtual de aprendizagem; um agente que analisa imagens de satélite; agente que monitora serviços oferecidos aos usuários em uma rede de computadores; etc. As interações com o ambiente são essenciais para os agentes, pois permitem alterar o ambiente (modificar o estado do ambiente) de forma a obter informações que possam ser úteis ao cumprimento do seu objetivo (EL SHHEIBIA, 2001).

Um projeto apropriado para uso de agentes inteligentes depende de suas percepções, ações, e do ambiente em que se encontram. O ambiente poderá exigir maior complexidade nas técnicas de implementação de agentes. Essa complexidade dependerá das características dos ambientes de tarefa.

3 TRABALHOS CORRELATOS

Este capítulo destina-se a apresentação de trabalhos relacionados aos temas fundamentados no capítulo anterior. O objetivo é analisar as representações de conhecimento de tarefa e de agentes inteligentes de forma que essas tecnologias possam auxiliar, entre outras coisas, profissionais na realização de suas atividades investigativas.

Os trabalhos apresentados a seguir foram encontrados quer através de buscas utilizando principalmente o engenho de busca Google Acadêmico quer varrendo as referências dos principais trabalhos encontrados, desde que apresentassem maior relação com os principais temas desta dissertação. Outras partes dos artigos aqui apresentados foram extraídas através da análise de trabalhos produzidos nos principais simpósios da área de sistema de informação, como, por exemplo, o Simpósio Brasileiro de Sistema de Informação (SBSI) e também no Seminário de Pesquisa em Ontologias no Brasil (ONTOBRÁS).

Foram considerados os trabalhos que tratavam de ontologias de tarefas e agentes, por serem estes os principais temas desta dissertação. As análises de tais trabalhos têm o objetivo de aumentar o entendimento dos conceitos que fazem parte de uma ontologia de tarefa, assim como o entendimento dos conceitos e dos componentes que são imprescindíveis à estrutura dos agentes inteligentes. Ressalta-se que outros trabalhos foram pesquisados, mas não foram aqui resumidos por não serem atuais ou porque o seu teor estava representado em algum outro trabalho selecionado.

A Seção 3.1 apresenta uma modelagem para representação dos aspectos comportamentais de tarefas de Martins (2009). A Seção 3.2 apresenta uma aplicação de um metamodelo de contexto a uma tarefa de investigação policial de Oliveira, Figueira e Lopes (2012). A Seção 3.3 mostra uma ontologia de tarefa voltada para serviços inteligentes de informações turísticas de Park, Yoon e Kwon (2012). A Seção 3.4 apresenta uma ontologia para representação de tarefas colaborativas em sistemas multiagentes de Schmidt (2015). A Seção 3.5 apresenta o trabalho de Gonçalves (2009), especificamente a parte que modela as características estruturais e comportamentais dos agentes inteligentes. Por fim, a seção 3.6 faz uma análise comparativa dos trabalhos relacionados.

3.1 E-ONTOUML: PERFIL DE MODELAGEM PARA REPRESENTAÇÃO DE ASPECTOS COMPORTAMENTAIS DE TAREFAS

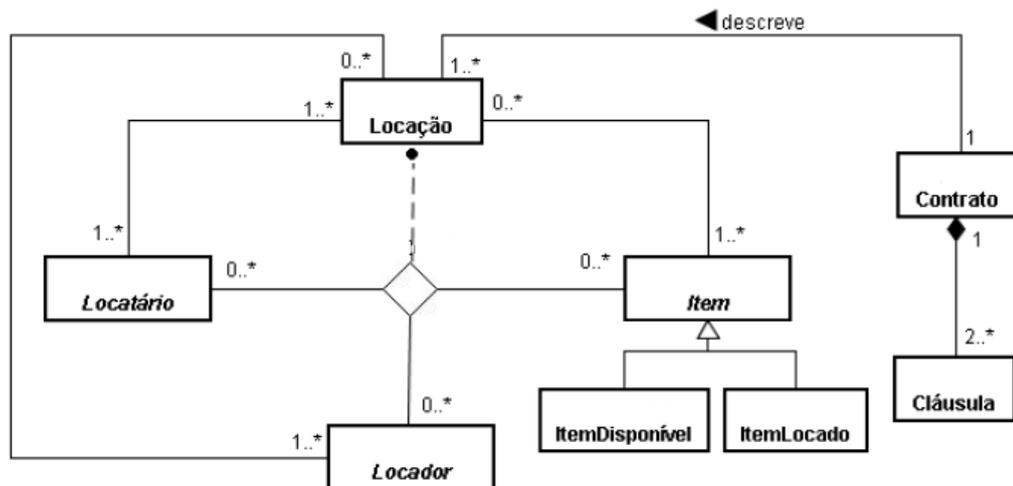
Ao considerar a falta de padronização existente para a organização do conhecimento de tarefa, Martins (2009) apresenta *E-OntoUML*, um perfil de modelagem que permite representar aspectos comportamentais das ontologias de tarefas, sendo este baseado na Linguagem de Modelagem Unificada (*Unified Modeling Language – UML*), mais especificamente seu Diagrama de Atividades, e na Ontologia de Fundamentação Unificada (*Unified Foundational Ontology – UFO*).

Um dos propósitos deste correlato é facilitar a integração de ontologias de tarefa com ontologias de domínio. Sendo assim, a autora decidiu usar os perfis *OntoUML* (GUIZZARDI, 2005) e *E-OntoUML* (MARTINS, 2009) para representação dos aspectos estruturais e comportamentais de uma tarefa de locação genérica, respectivamente.

Martins (2009) aponta como problema a ausência de reutilização do aspecto comportamental de tarefas na Engenharia de Requisitos. A autora afirma que *o conhecimento capturado pela ontologia de tarefas é pouco utilizado, decorrendo, sobretudo, da ausência de padrões para a sua especificação e de abordagens para a integração com ontologias de domínio e para a sua reutilização*. Deste modo, o trabalho de Martins mostra como o aspecto comportamental de ontologia de tarefas pode ser reutilizado na Engenharia de Requisitos.

Martins (2009) inicia a construção da sua ontologia de tarefa através da visão estrutural. Inicialmente, são especificados os conceitos e relacionamentos envolvidos em uma tarefa de locação genérica. Em outras palavras, pode-se dizer que primeiramente a autora definiu os papéis de conhecimento que entidades do domínio desempenham quando a tarefa é executada. A representação dos papéis de conhecimento pode ser vista na Figura 3.1 e é descrita através dos principais conceitos e relações envolvidos em uma Tarefa de Locação.

Figura 3.1 – Papéis de Conhecimento da Ontologia de Tarefa de Locação



Fonte: Martins (2009).

De acordo com a figura acima, em uma **locação**, o **locador** empresta um **item** ao **locatário**, sendo a **locação** um conceito que conecta **locador**, **locatário** e **item**. Esses três conceitos (**locador**, **locatário** e **item**) são papéis que serão desempenhados por diferentes entidades de acordo com o domínio de realização da tarefa. Ainda é possível observar que a **locação** é governada por um **contrato** composto de **cláusulas** e um **item** pode possuir duas fases: **disponível** ou **alocado**.

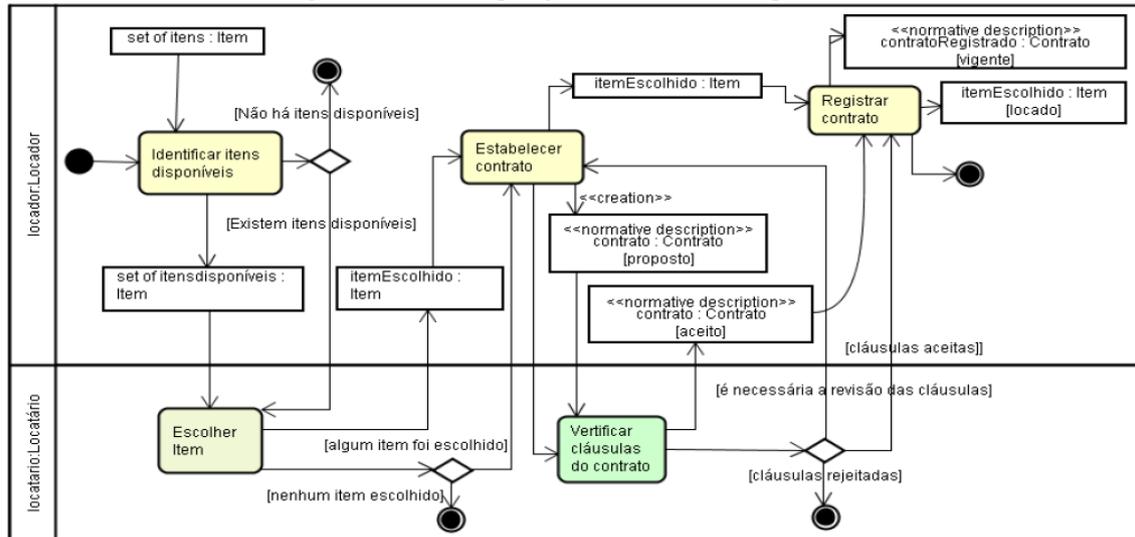
A ontologia de tarefa de locação foi desenvolvida de forma independente de domínio. As descrições foram feitas através de termos genéricos que descrevem papéis dos objetos e agentes que executam a tarefa

Para representação gráfica dos aspectos comportamentais da tarefa de locação (decomposição da tarefa em subtarefas e fluxo de controle entre essas subtarefas), a autora utilizou o diagrama de atividades⁹ da UML.

Para modelar a tarefa de locação, Martins (2009) criou duas partições para representação dos papéis de conhecimento referentes aos dois principais agentes, quais sejam: o *Locador* e o *Locatário*. A Figura 3.2 apresenta a representação de duas instâncias chamadas *locador* e *locatario* que são relativas aos papéis *Locador* e *Locatário*, respectivamente, e exibe o fluxo de controle, entradas, saídas e agentes que executam a subtarefa ‘Emprestar item’.

⁹ Um diagrama de atividades é um modelo comportamental que permite entre outras coisas, capturar o fluxo de controle, ou seja, a ordem de subtarefas e suas condições de execução (MARTINS, 2009).

Figura 3.2 – Decomposição da sub tarefa “Emprestar item”



Fonte: Martins (2009).

A Figura 3.2 informa que a sub tarefa ‘Emprestar item’ inicia com a identificação dos itens disponíveis por parte do locador. Se existirem itens disponíveis o locatário escolhe um item a ser locado. Escolhido o item, o próximo passo é estabelecer um contrato que irá reger a locação. O locatário deve verificar as cláusulas que são propostas no contrato. Se elas forem aceitas pelo locatário, o locador registra o contrato, que se torna vigente, e o item escolhido é considerado locado e, portanto, indisponível para outras locações.

A separação do conhecimento de tarefa faz com que a integração dessa ontologia com ontologias de domínio seja facilitada. Além disso, o uso da mesma notação para ontologias de domínio e o modelo de papéis de conhecimento de tarefa promove uma melhor integração desses dois modelos.

A Figura 3.3 mostra a integração da ontologia de tarefa de locação com a ontologia para o domínio de livros. Conceitos da ontologia do domínio de livros foram mapeados aos papéis de conhecimento da tarefa de locação.

A autora ainda demonstra que a separação dos modelos estrutural e comportamental favorece a organização do conhecimento e facilita a integração de ontologias de tarefa com ontologias de domínio, atingindo, portanto, um dos propósitos do seu trabalho.

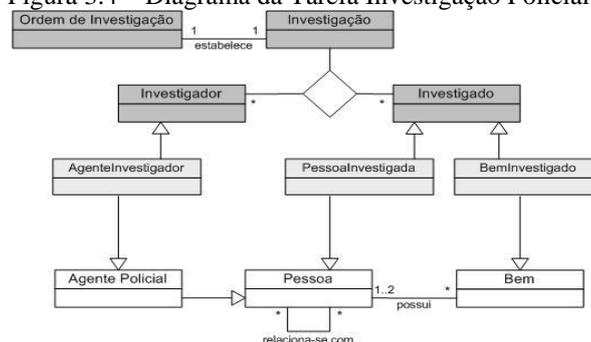
3.2 APLICAÇÃO DE UM METAMODELO DE CONTEXTO A UMA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO POLICIAL

O trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2012) tem por objetivo aplicar um metamodelo de tarefas de investigação policial, integrando conceitos de tarefa de investigação com conceitos de um domínio policial e elementos contextuais.

A motivação dos autores para este trabalho é a não trivialidade da integração de ontologias de tarefas com contexto. Eles afirmam que o contexto precisa estar associado a alguma entidade, tal como um agente ou tarefa para existir. Uma tarefa descreve uma atividade por meio da especialização de conceitos introduzidos previamente e os agentes constituem elementos autônomos que representam, manipulam e trocam conhecimentos e informações.

Os autores elaboraram um diagrama representando conceitos de tarefa genérica de investigação com os conceitos do domínio Policial, que contém termos essenciais a qualquer aplicação de investigação policial. Observa-se que os conceitos apresentados na Figura 3.4, tais como *AgenteInvestigador* e *PessoaInvestigada*, representam os papéis que as entidades do domínio (por exemplo, *Agente Policial*) exercerão ao executar a tarefa.

Figura 3.4 – Diagrama da Tarefa Investigação Policial



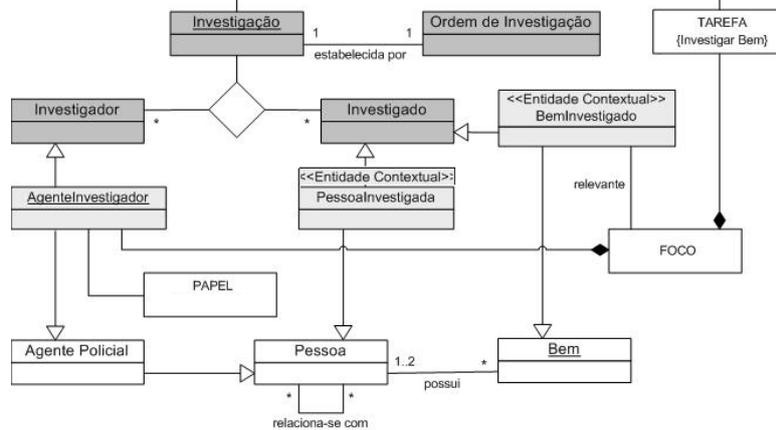
Fonte: Oliveira, Figueira e Lopes (2012).

Na Figura 3.4, os autores definiram *AgenteInvestigador* como sendo uma especialização tanto de *Agente Policial* quanto de *Investigador*. Além disso, o conceito *Investigado* foi

representado por mais de um conceito presente no domínio policial, neste caso, *PessoaInvestigada* e *BemInvestigado*.

O próximo passo deu-se através da construção de um diagrama contendo a tarefa investigação policial, levando em consideração o conhecimento de contexto (vide Figura 3.5). Neste momento, *BemInvestigado* e *PessoaInvestigada* são estereotipadas como entidades contextuais¹⁰.

Figura 3.5 – Diagrama de Tarefa com Contexto a partir de um Bem Investigado



Fonte: Oliveira, Figueira e Lopes (2012).

Para os autores, *BemInvestigado* é relevante para o ‘foco’ onde um agente investigador faz uma investigação a partir de um bem de uma pessoa investigada. Eles afirmam que ‘foco’ é uma tarefa executada por um agente (pessoa ou software), devendo considerar elementos contextuais importantes. Assim, o conceito FOCO, neste exemplo, é uma composição de *AgenteInvestigador* com *Tarefa*, associado a *BemInvestigado*.

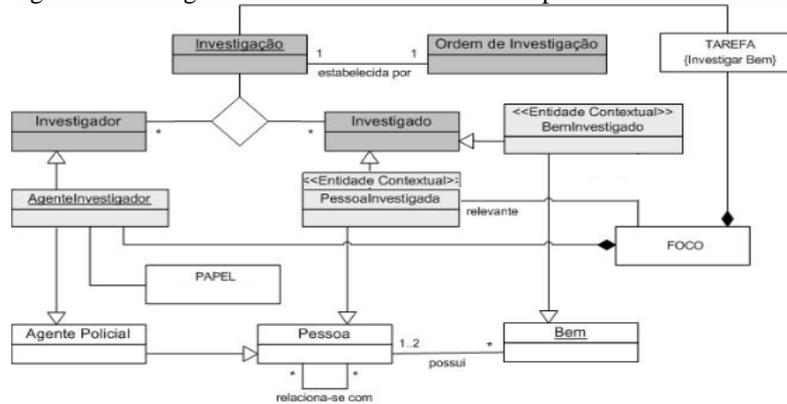
Com base no diagrama da Figura 3.5, o conceito *AgenteInvestigador* está associado ao conceito PAPEL significando que um agente que faz investigação representa uma função (*Investigador*) associada ao ‘foco’.

Ao se considerar outro foco, neste caso, um agente investigador que investiga uma pessoa, a tarefa ainda é a mesma e o agente exerce o mesmo papel, porém o conceito FOCO deve ser

¹⁰ Uma entidade contextual representa as entidades do modelo da aplicação que devem ser consideradas para propósitos de manipulação das informações contextuais. Uma entidade contextual é caracterizada por, pelo menos, um elemento contextual. Um elemento contextual representa uma propriedade usada para caracterizar uma entidade contextual (VIEIRA, 2008).

associado à entidade contextual *PessoaInvestigada* (OLIVEIRA; FIGUEIRA; LOPES, 2012). A Figura 3.6 ilustra o conceito FOCO relacionado ao conceito *PessoaInvestigada*.

Figura 3.6 – Diagrama de Tarefa com Contexto a partir de uma Pessoa Investigada



Fonte: Oliveira, Figueira e Lopes (2012).

O trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2012) representou uma tarefa investigação policial elaborada com base no perfil UML proposto por Martins (2009), combinada ao metamodelo de contexto proposto por Vieira (2008), resultando, num diagrama que representa conhecimento de tarefa com contexto.

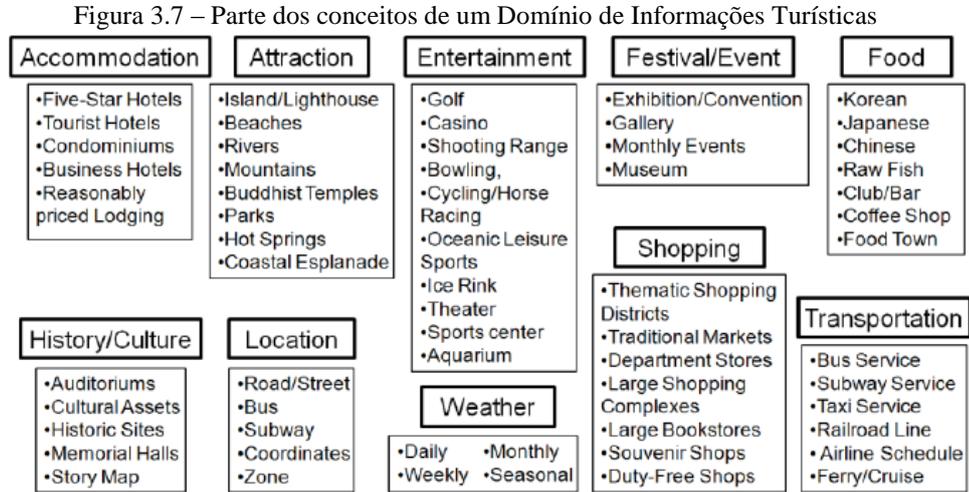
3.3 MODELO DE TAREFA E ONTOLOGIA DE TAREFA PARA SERVIÇOS INTELIGENTES DE INFORMAÇÕES TURÍSTICAS

O trabalho de Park, Yoon e Kwon (2012) apresenta um modelo de tarefa baseado nas necessidades e atividades de viajantes, uma ontologia de tarefa que mostra conceitos referentes a atividades desses viajantes, suas relações e propriedades e, ainda, um sistema inteligente de informações turísticas capaz de consultar instâncias dessa ontologia tarefa.

A motivação dos autores originou-se a partir de dois aspectos: (i) o turismo tornou-se um negócio altamente competitivo em todo o mundo e sua vantagem competitiva está cada vez mais impulsionada pelos avanços e inovações da tecnologia da informação; (ii) poucos estudos têm sido realizados a partir da perspectiva de serviços turísticos específicos para tarefas genéricas de viajantes (turistas).

Para captura das tarefas genéricas e construção do modelo de tarefa, os autores investigaram as necessidades de diversos elementos representados por viajantes (turistas) como, por

exemplo, tipo de acomodação, comida, hospedagem, etc. De posse destas necessidades, eles introduziram conceitos para um domínio de informações turísticas os quais podem ser vistos na Figura 3.7.

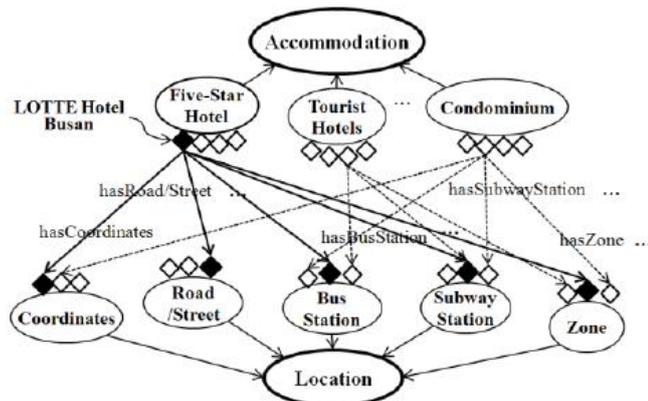


Fonte: Park, Yoon e Kwon (2012).

Os conceitos apresentados na Figura 3.6 são compostos por classes referentes ao domínio de informações turísticas: *Alojamento (Accommodation)*, *Atrações (Attraction)*, *Entretenimento (Entertainment)*, *Festival/Evento (Festival/Event)*, *Alimentação (Food)*, *História/Cultura (History/Culture)*, *Localização (Location)*, *Tempo (Weather)*, *Compras (Shopping)* e *Transporte (Transportation)*.

Após a definição destas classes, os autores definiram relacionamentos e propriedades referentes a cada uma delas. A Figura 3.8 ilustra esquematicamente as relações e propriedades entre as instâncias da classe *Acomodação (Alojamento)* e as instâncias da classe *Localização (Localização)*. A elipse representa as classes e o losango, as instâncias. Assim, ‘LOTTE Hotel Busan’ é uma instância de *Five-Star Hotel* que se relaciona com a classe *Localização (Location)*.

Figura 3.8 – Relações e propriedades entre instâncias das classes Acomodação e Localização



Fonte: Park, Yoon e Kwon (2012).

Para definição das tarefas e suas subtarefas os autores pesquisaram atividades de vários turistas antes e durante uma viagem. Eles chegaram à conclusão de que, geralmente, os turistas antes de uma viagem desejam informações referentes a transportes (avião, trem, ônibus), às despesas de viagem, ao clima, etc. Durante a viagem, eles querem saber informações do local como, por exemplo, um restaurante que esteja próximo ao seu alojamento, o preço de um bilhete para algum evento, entre outras coisas.

Diante destas informações, foi possível definir as tarefas genéricas e suas respectivas subtarefas para o domínio de serviços de informações turísticas. O Quadro 3.1 mostra alguns conceitos básicos, representados pelos substantivos *Acomodação (Alojamento)*, *Transporte*, *Informação*, *Compras*, entre outros, e alguns verbos referentes às atividades dos viajantes para cada conceito definido.

Quadro 3.1 – Conceitos e suas atividades de acordo com as necessidades dos viajantes

Concepts	Activities
Accommodation	Search, Reserve, Move, Compare, Have, Recommend, etc.
Transportation	Search, Move, Buy, Walk, Get on/off, Transfer, Time, etc.
Information	Search, Upload, Send, Receive, Recommend, Compare, etc.
Sightseeing	Search, Walk, Drive, Move, Compare, Photograph, Recommend, etc.
Food	Search, Reserve, Move, Order, Compare, Recommend, etc.
Shopping	Search, Buy, Move, Compare, Event, Recommend, etc.

Fonte: Park, Yoon e Kwon (2012).

Neste trabalho, verifica-se que a junção de um conceito (substantivo) mais um verbo (atividade) gera uma tarefa, por exemplo, ‘Pesquisar Acomodação’. Para esta tarefa, subtarefas também podem ser geradas através da junção de um verbo (atividade) com algum objeto que pode ser representado através uma instância, por exemplo, “Buscar Hotel”, “Comparar Preço”, etc. Os autores destacam que os objetos são usados a partir de conceitos ou instâncias da ontologia de domínio.

Desta forma, o Quadro 3.2 mostra as tarefas (*Tasks*) e algumas subtarefas (*Sub-Tasks*) referentes ao conceito *Acomodação*. Nesta tabela, as palavras entre parênteses representam objetos (*Objects*) que podem ser utilizados pelas tarefas. Além disso, observa-se a presença de algumas preposições como *From* (de), *To* (para), etc. que podem ser utilizadas como conectores entre os objetos.

Quadro 3.2 – Tarefas e subtarefas com objetos para o conceito *Acomodação*

Tasks	Sub-Tasks and Objects
Search Accommodation	- Search (hotel/condominium/lodging) nearby/in (here/zone/city) - Compare (price/room/service/meal) for (accommodations selected) - Search (location/facility/package) for (accommodations selected) - Search (attraction/shop/restaurant/transportation/etc.) nearby
Reserve Accommodation	- Reserve (accommodation) from (check-in-date) to (check-out-date) - Confirm the reservation for (accommodation) - Cancel reservation for (accommodation)
Move Accommodation	- Move by (taxi/bus/subway/train) from (here/source) to (destination) - Search transportation from (here/source) to (destination) - Search (price/distance/travel-time/timetable) for (taxi/bus/subway/train) from (here/source) to (destination) - Buy a ticket for (taxi/bus/subway/train) from (here/source) to (destination)
Have food in Accommodation	- Search restaurant (nearby/in) (here/location) - Search (meal/price/service/location) for (restaurant) - Reserve (restaurant) - Compare (meal/price/service/location) for (restaurants)

Fonte: Park, Yoon e Kwon (2012).

Com a definição das atividades e dos objetos para o domínio em questão, os autores definiram regras (vide Figura 3.9) para construção das tarefas.

Figura 3.9 – Regras para Definição das Tarefas

Task ::= <Activity>’_’<Object>
Activity ::= {Six verbs: Search, Reserve, Move, Compare, Have and Recommend}
Object ::= <Concept> <Instance>[<Connector>][<Terms>][<Parameter>]
Concept ::= {Concepts of domain ontology}
Instance ::= {Instances of domain ontology}
Connector ::= {Nearby, In, From, To, By, etc.}
Terms ::= {Nearby, In, Here, etc.}
Relation ::= [<Properties>] between [<Task>] and [<Task>]
Properties ::= ‘has_’<Task>
Parameter ::= [<Object>][<Term>]

Fonte: Park, Yoon e Kwon (2012).

Na Figura 3.9, os termos dentro das *tags* < > representam conceitos semânticos das tarefas. Aqueles dentro das chaves { } representam as instâncias de seus conceitos. Os que estão entre aspas simples ‘ ’ representam *Strings*. Quando os termos estiverem colocados dentro de colchetes [] seu uso passa ser opcional.

De acordo com as regras apresentadas na Figura 3.9, se um turista deseja pesquisar um determinado restaurante, perto de uma determinada localização e fazer uma reserva movendo-se para lá (local do restaurante), então as subtarefas mais específicas podem ser geradas usando as regras definidas com os seguintes verbos e objetos: *{Search} <Restaurant> nearby {XYZ Hotel} at {XYZ Beach}*, *{Reserve}{Donbo-Jung} at {7 PM}*, *{Move} by {taxi} from {Here} to {Donbo-Jung}*.

Além da ontologia de tarefa, eles propuseram um sistema inteligente de informações turísticas que utiliza tanto a ontologia de tarefa para serviços de informações turísticas quanto a ontologia de domínio turístico. Desta forma, o sistema pode fornecer um *menu* de tarefas orientadas para serviços inteligentes de informação turística, utilizando conceitos, instâncias, propriedades e relações de ontologia de tarefa e também os da ontologia de domínio, para as necessidades e atividades de diversos viajantes.

3.4 ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO DE TAREFAS COLABORATIVAS EM SISTEMAS MULTIAGENTES

Schmidt (2015) desenvolveu uma ontologia para representar o conhecimento a respeito de tarefas colaborativas a serem executadas por um grupo de pessoas. A autora relata como problema a falta de suporte sobre o raciocínio de tarefas colaborativas, mais especificamente nos casos de reconhecimento, alocação e negociação de tarefas baseada em argumentação.

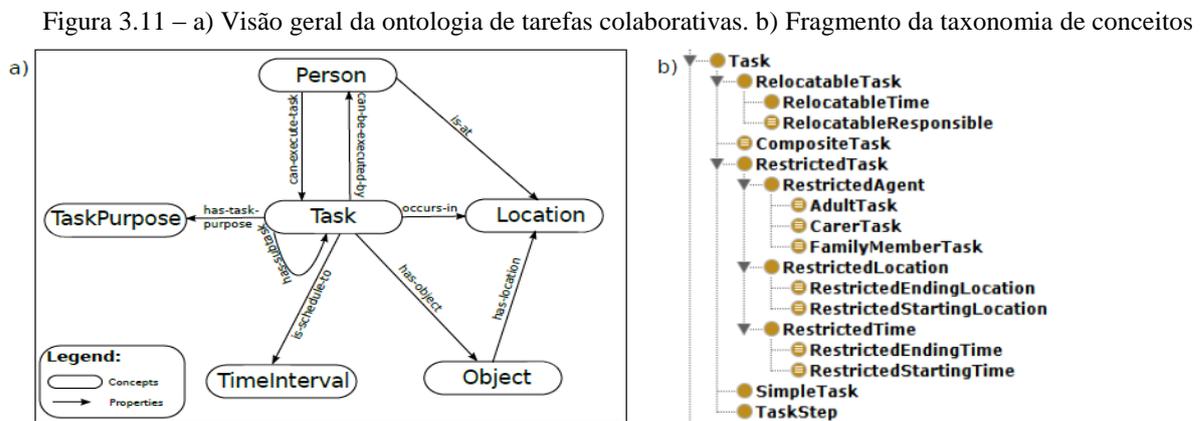
Deste modo, a ontologia desenvolvida por Schmidt (2015) é utilizada para prover o conhecimento a respeito de tarefas que são executadas por um grupo colaborativo, além de fornecer subsídios para que uma aplicação multiagente possa raciocinar sobre as tarefas do grupo, principalmente quando as tarefas precisam ser negociadas e realocadas.

A metodologia utilizada no desenvolvimento dessa ontologia segue o Método 101 (NOY; MCGUINNESS, 2001). Ademais, Schmidt (2015) leva em consideração o domínio da representação de tarefas colaborativas para apoiar pessoas com problemas de saúde que vivem sozinhas. O escopo da ontologia abrange a representação de tarefas diárias relacionadas ao cuidado da pessoa com problemas de saúde e suas respectivas características como localização, tarefas, propósito, intervalo de tempo, objeto e pessoas. Pode-se dizer que esse trabalho representa o conhecimento de onde e quando as tarefas podem ocorrer, quem é responsável e quais as particularidades das mesmas.

Segundo a autora, tarefas colaborativas possuem limitações com relação à localização, tempo e habilidades que os membros do grupo devem ter para executá-las. Assim, uma tarefa que é executada por um grupo de pessoas possui restrições a respeito de quem pode executá-las, quais as localizações previstas e quais os horários em que as mesmas devem ocorrer.

Enfatiza-se, ainda, que os integrantes do grupo estão sujeitos a obstáculos que podem causar interrupções no curso da execução das tarefas previamente organizadas e, para tanto, são necessárias ações tais como realocação em termos de horários ou substituição de responsável.

Neste aspecto, a ontologia de tarefas desenvolvida representa o conhecimento a respeito de restrições envolvidas com a execução das tarefas pelo grupo, com o objetivo de fornecer informações para que a aplicação multiagente possa apoiar o grupo para que todas as atividades sejam concluídas com sucesso. A Figura 3.11 mostra uma visão geral da ontologia de tarefa proposta por Schmidt (2015) e também apresenta parte da taxonomia (hierarquia de classes) de conceitos que especializam uma tarefa.



Fonte: Schmidt (2015).

Schmidt (2015) identificou tarefas que podem ser executadas diretamente e outras que precisam ser decompostas em subtarefas para que sejam executadas. Desta forma, observa-se que a autora seguiu Tran e Tsuji (2007) em relação à classificação de tarefas, categorizando-a em tarefa simples (*SimpleTask*) ou tarefa composta (*CompositeTask*).

Destaca-se que a tarefa simples equivale a uma tarefa que pode ser executada diretamente, enquanto que a tarefa composta é equivalente a uma instância de tarefa que se relaciona com outra instância de tarefa através da propriedade *has-subtask*.

Ainda em relação à Figura 3.11 b), é possível perceber que o conceito *TaskStep* corresponde a uma especialização do conceito *Task* que é utilizado para a definição da biblioteca de planos da aplicação. Além disso, como uma tarefa possui restrições, a autora criou o conceito

RestrictedTask e o especializou em três tipos de restrições: (i) de agente (*RestrictedAgent*), (ii) de localização (*RestrictedLocation*) e (iii) de tempo (*RestrictedTime*).

As restrições de agente, por exemplo, podem ser usadas para definir características que agentes devem possuir para executar determinadas tarefas. Por exemplo, o conceito *AdultTask* é utilizado para restringir as tarefas que podem ser executadas somente por adultos, tal como dirigir um carro. O conceito *CarerTask* restringe as tarefas que devem ser executadas exclusivamente por instâncias de pessoa que possuem o papel de cuidador. O conceito *FamilyMemberTask* caracteriza tarefas que podem ser executadas unicamente por membros do grupo familiar.

O Quadro 3.3 apresenta as principais propriedades que relacionam o conceito *Task* a outras informações importantes tais como: *Location*, *Person*, *Object*, *TaskPurpose*, *TimeInterval* e *Feature* para caracterizar uma tarefa.

Quadro 3.3 – Domínio e imagem das propriedades relacionadas ao conceito Task

Domínio	Object Property	Imagem
Task	has-subtask	Task
Task	is-part-of	Task
Task	can-be-execute-by	Person
Task	can-be-relocated-to	Person
Task	has-feature	Feature
Task	has-object	Object
Task	has-task-purpose	TaskPurpose
Task	occurs-in	Location
Task	is-schedule-to	TimeInterval

Fonte: Schmidt (2015).

A ontologia apresentada por Schmidt (2015) foi desenvolvida para ser aplicada em um *framework* multiagente que permite consultas e inferências sobre as tarefas desse ambiente multiagente. Ela provê conhecimento para o reconhecimento de planos, negociação e realocação de tarefas.

Essa ontologia foi modelada com um nível de abstração, permitindo que a mesma seja reutilizada por outros aplicativos que tenham como foco a representação de tarefas colaborativas.

3.5 PROPRIEDADES ESTRUTURAIS E COMPORTAMENTAIS DE AGENTES INTELIGENTES

Gonçalves (2009) descreve como problema a necessidade de uma linguagem de modelagem que seja capaz de modelar os diversos tipos de agentes inteligentes definidos por Russell e Norvig (2013). O autor afirma que a modelagem desses agentes se faz importante dada a necessidade de desenvolver diferentes sistemas multiagentes onde os agentes com diferentes características e propriedades possam interagir.

O trabalho de Gonçalves (2009) propõe uma extensão da Linguagem de Modelagem para Sistemas Multiagentes (MAS-ML) de Silva (2004), modelando quer aspectos estruturais quer aspectos comportamentais dos tipos de agentes definidos por Russell e Norvig (2013).

Gonçalves (2009) começa a modelagem enfatizando a percepção do agente. As percepções do agente inteligente estão representadas na Figura 3.12 através do estereótipo¹¹ <<perceives>>. Após o estereótipo, o nome dado à percepção do agente é definido e, em seguida, uma lista de percepções deve ser representada como uma restrição.

Figura 3.12 – Representação para percepção de Agentes Inteligentes

```
<<perceives>> perceivesName {p1,p2, p3,...}
```

Fonte: Gonçalves (2009).

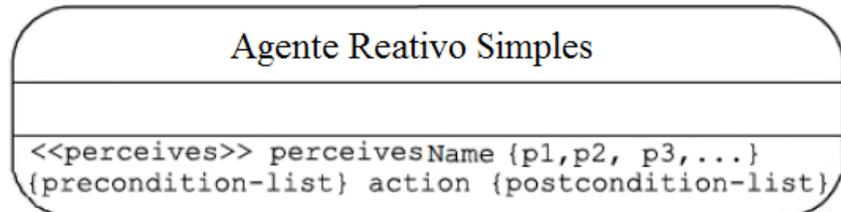
Para ilustrar cada tipo de agente graficamente, Gonçalves (2009) adaptou a notação utilizada nos diagramas estáticos da linguagem MAS-ML de Silva (2004) e representou cada tipo de agente em uma estrutura com três compartimentos separados por linhas horizontais (ver Figura 3.13). O compartimento superior identifica o tipo de agente, o compartimento intermediário agrupa as características estruturais e o compartimento inferior agrupa as características comportamentais.

A Figura 3.13 ilustra a representação gráfica do Agente Reativo Simples. Este agente não possui objetivo definido nem base de conhecimento. Por isso, o compartimento que representa

¹¹ Um estereótipo é um dos mecanismos de extensão da UML, que permite que um desenvolvedor crie uma nova categoria de elementos. A nova categoria pode definir propriedades ou maneiras de utilização específicas, geralmente ligadas a um domínio em particular, que são associadas automaticamente ao elemento que recebe o estereótipo. Por exemplo, extensões da UML para aplicações *Web* pode incluir estereótipos relacionados com a plataforma *Web*, como <<screen>> para telas, <<input form>> para formulários, etc. (CONALLEN, 2002).

as características estruturais encontra-se vazio. Porém, as características comportamentais estão representadas através do estereótipo <<perceives>>, destacando que ações desse tipo de agente são guiadas por regras condição-ação.

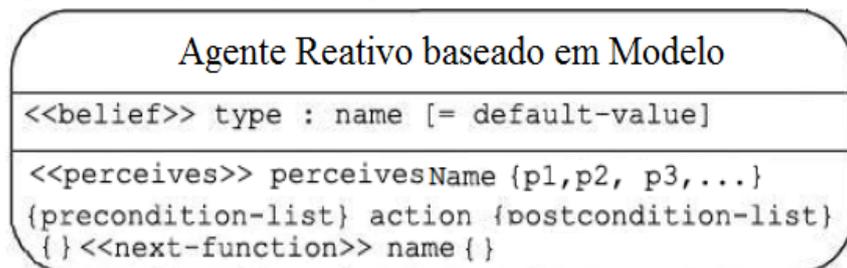
Figura 3.13 – Representação do Agente Reativo Simples



Fonte: Gonçalves (2009).

A estrutura do Agente Reativo baseado em Modelo é bem similar à estrutura do agente reativo simples (vide Figura 3.14). Porém, ele possui um estado interno definido como crenças. Estas fazem parte da estrutura deste tipo de agente. Portanto, elas representam as características estruturais e por isso podem ser vistas no compartimento intermediário através do estereótipo <<belief>>. No compartimento inferior, encontram-se as características comportamentais como as percepções, as ações guiadas por regras condição-ação e a função de atualização das crenças do agente, representada pelo estereótipo <<next-function>>.

Figura 3.14 – Representação do Agente Reativo baseado em Modelo



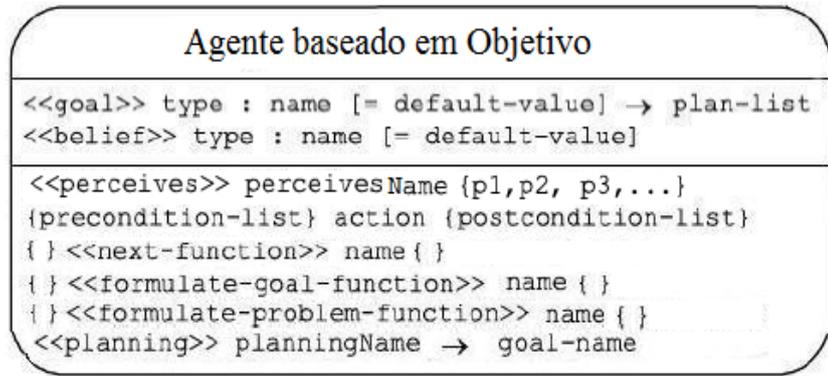
Fonte: Gonçalves (2009).

A função-próximo (*next-function*) tem como finalidade atualizar as crenças do agente. Desta forma, esta função recebe a crença e a percepção atual e retorna uma nova crença atualizada, ou seja, um novo estado interno. Esse novo estado interno é utilizado para selecionar a próxima ação.

Gonçalves (2009) representa a estrutura do agente baseado em objetivo da seguinte forma: a lista de objetivos e as crenças como características estruturais. Por sua vez, as percepções,

função próximo, função de formulação do objetivo (*formulate-goal-function*), função de formulação do problema (*formulate-problem-function*), lista de ações e planejamento são representadas através das características comportamentais (vide Figura 3.15).

Figura 3.15 – Representação do Agente baseado em Objetivo



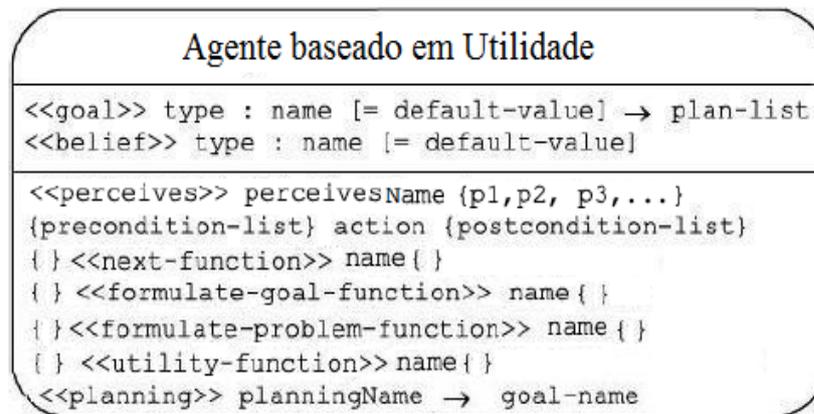
Fonte: Gonçalves (2009).

Para Gonçalves (2009), as funções próximo, formulação de objetivo e formulação de problema podem ser descritas como ações. Sendo representadas por suas pré-condições { }, seguidas do respectivo estereótipo, sua assinatura (nome) e uma lista de pós-condições { }.

O planejamento do agente é representado na estrutura do agente através do estereótipo <<planning>> seguido do nome do planejamento e associado a um objetivo. O planejamento é realizado com base nas ações disponíveis na lista de ações, no intuito de criar uma sequência de ações (plano).

A estrutura do agente baseado em utilidade é a mesma do agente baseado em objetivo, porém é adicionado o elemento função utilidade (*utility-function*) às características comportamentais deste tipo de agente. A Figura 3.16 mostra a representação do Agente baseado em Utilidade.

Figura 3.16 – Representação do Agente baseado em Utilidade



Fonte: Gonçalves (2009).

A função utilidade busca melhorar o comportamento do agente, mapeando um estado (ou conjunto de estados) possível com um grau de utilidade associado.

O trabalho de Gonçalves (2009), dentre outros aspectos, destaca os componentes estruturais e comportamentais dos agentes inteligentes, de forma a especificar os elementos de projeto necessários a apoiar a modelagem de sistemas multiagentes.

3.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS TRABALHOS RELACIONADOS

Para a realização da análise comparativa entre os trabalhos relacionados seis tópicos foram abordados, a saber: (i) ontologia de domínio; (ii) ontologia de tarefa; (iii) tarefas de investigação; (iv) agentes inteligentes (v); visão estrutural e (v) visão comportamental. O Quadro 3.4 apresenta os tópicos que serviram de comparação com a proposta desta dissertação.

Quadro 3.4 – Análise comparativa entre a solução proposta e os trabalhos relacionados

Trabalho/Tópicos	Ontologia de Domínio	Ontologia de Tarefas	Tarefas de Investigação	Agentes Inteligentes	Visão Estrutural	Visão Comportamental
(1) Martins (2009)	X	X			X	X
(2) Oliveira, Figueira e Lopes. (2012)	X	X	X		X	
(3) Park, Yoon, e Kwon (2012)	X	X		X	X	
(4) Schmidt (2015)	X	X		X	X	
(5) Gonçalves (2009)	X			X	X	X

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

A análise comparativa dos cinco trabalhos apresentados no Quadro 3.4 reflete que todos os trabalhos correlatos representam conhecimento sobre um determinado domínio. Pode-se verificar que o trabalho (1) apesar de destacar basicamente ontologia de tarefas genéricas de locação, mostra a integração desta com uma ontologia para o domínio de livros. O trabalho (2) aborda o domínio policial. O trabalho (3) aborda o domínio de serviços turístico. O trabalho (4) aborda o domínio de tarefas colaborativas que tem como objetivo apoiar pessoas com problemas de saúde que vivem sozinhas. O trabalho (5) aborda o domínio referente aos agentes inteligentes.

Em relação ao conhecimento de tarefas, este pode ser observado nos trabalhos de (1), (2), (3) e (4). Especializando o conhecimento de tarefas para tarefas de investigação, pode-se observar que apenas (2) aborda essa temática. O trabalho (1) e (2) são as principais fontes de inspiração desta dissertação.

O conhecimento de agentes inteligentes pode ser verificado em (3), (4) e (5). Entretanto, destaca-se que em (3) e (4) não há um aprofundamento do conhecimento de agentes inteligentes. Esses trabalhos desenvolveram uma ontologia de tarefa para ser aplicada em sistemas multiagentes já existentes. Sendo assim, o foco de (3) e (4) é o desenvolvimento da ontologia de tarefa e não os agentes inteligentes em si. Por sua vez, o trabalho (5) realiza um estudo aprofundado sobre os agentes inteligentes.

Todos os trabalhos correlatos utilizam a visão estrutural para representar algum tipo de conhecimento. Todavia, ao se comparar a visão estrutural com a visão comportamental, percebe-se que a visão comportamental não é tão trivial quanto à visão estrutural. A visão comportamental pode ser verificada nos trabalhos (1) e (5).

4 ONTOLOGIA DE TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES INTELIGENTES

Este capítulo aborda as fases de construção da ontologia de tarefa proposta. O mesmo encontra-se dividido em seis seções. A primeira seção descreve os passos de construção da ontologia proposta. A segunda seção mostra a visão estrutural dos conceitos e relacionamentos envolvidos em uma tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes. Esta seção foi organizada em três subseções: (a) representação da tarefa de investigação, (b) representação de agentes inteligentes e (c) integração da tarefa de investigação com agentes inteligentes. A terceira seção apresenta a implementação dos aspectos estruturais da tarefa de investigação para uso de agentes. A quarta seção descreve a visão comportamental, ou seja, especifica a decomposição das tarefas de investigação e seu fluxo de controle. A quinta seção exemplifica os modelos estrutural e comportamental de um agente reativo baseado em modelo. Por fim, a sexta seção, intitulada de considerações finais, sumariza os aspectos principais definidos nesta proposta.

4.1 PASSOS SEGUIDOS NA CONSTRUÇÃO DA ONTOLOGIA PROPOSTA

Segundo Guizzardi (2000), *uma abordagem sistemática para construção de ontologia faz-se necessária quando se deseja transformá-la em uma verdadeira disciplina de engenharia*. Diante desta afirmação, a ontologia proposta nesta dissertação baseou-se nos sete passos do Método 101 de Noy e McGuinness (2001). Porém, nem todos os passos foram seguidos na íntegra. Alguns foram adaptados e ademais um novo passo foi inserido.

Este método foi escolhido por apresentar de forma bastante clara e simplificada como uma ontologia deve ser desenvolvida, identificando passo-a-passo cada componente da ontologia criada. Além disso, o Método 101 é compatível com o editor de ontologias *Protégé*, haja vista que seus os autores estiveram envolvidos no desenvolvimento desta ferramenta.

O Método 101 representa um guia simples baseado num processo iterativo que ajuda os desenvolvedores (mesmo que não sejam especialistas em Engenharia de Ontologias) a criarem uma ontologia (SOUZA et al, 2008). Para criar a ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes, além de seguir os passos definidos pelo Método 101, as seguintes

ferramentas foram utilizadas: *Astah*, para criação dos diagramas de classes, de atividades e de casos de uso da UML; e o *Protégé* para edição da ontologia proposta.

O Método 101 para a construção da ontologia proposta iniciou-se através da determinação do domínio e do escopo da citada ontologia (Passo 1). Nesta etapa, considerou-se como domínio um ambiente investigativo e como escopo a representação de tarefas investigativas executadas por agentes inteligentes, que responde as seguintes questões de competência:

- a) Quais são os investigadores e investigados de uma dada investigação?
- b) Em qual investigação atua um dado investigador?
- c) De que se compõe um agente inteligente?
- d) Quais os tipos de agentes inteligentes existentes?
- e) Onde os agentes inteligentes habitam?
- f) Que papéis os agentes inteligentes exercem?
- g) Quais são os objetos utilizados em uma dada investigação?
- h) Quais são as subtarefas da tarefa de investigação?

Os passos 2 e 3 (reutilização de ontologias e enumeração de termos, respectivamente) correspondem a um refinamento (espelhamento) de ontologias presentes em trabalhos correlatos, mais especificamente nos trabalhos de Oliveira, Figueira e Lopes (2012), Gonçalves (2009) e Martins (2009). Além disso, foram inseridos outros conceitos considerados relevantes (específicos) para representar o conhecimento de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes.

O passo seguinte deu-se com a definição das classes e sua hierarquia (Passo 4 do Método 101) e com a definição das propriedades que permitem o inter-relacionamento entre classes (Passo 5 do Método 101). Em seguida, algumas características das propriedades foram definidas (Passo 6 do Método 101). A criação de instâncias da ontologia de tarefa proposta (Passo 7 do Método 101) foi realizada a seguir. Por fim, foi inserido um novo passo, o qual não faz parte do Método 101, mas é de grande importância para o entendimento da ontologia criada, qual seja: a geração de consultas que responde as questões de competências definidas anteriormente. Neste caso, as consultas foram geradas para mostrar informações a respeito do ambiente investigativo, das tarefas de investigação e dos agentes que as executam.

4.2 VISÃO ESTRUTURAL DA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO

O aspecto estrutural de uma ontologia de tarefa envolve os papéis de conhecimento que determinadas entidades do domínio desempenham quando uma tarefa é executada. Esses papéis referem-se aos conceitos e relacionamentos definidos por uma ontologia.

Esta visão foi construída considerando a reutilização de ontologias propostas elencadas no capítulo de trabalhos relacionados e na observação de conceitos comuns utilizados em ontologias de tarefas, além de outros específicos tais como planejamento, coleta e análise que se destinam especificamente à tarefa de investigação.

Desta forma, optou-se pela modelagem de uma ontologia que contemple termos abordados nos trabalhos relacionados, além da inclusão de termos específicos para representar o conhecimento necessário à tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes.

A construção da ontologia contém a definição das classes que representam os papéis de conhecimento quando uma tarefa de investigação é executada.

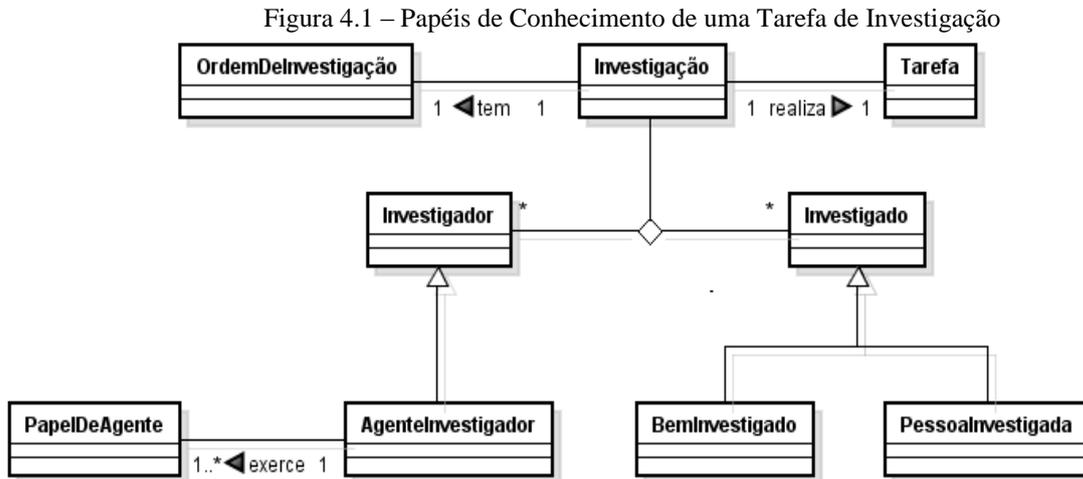
4.2.1 Representação da Tarefa de Investigação

A tarefa ‘investigar’ é uma tarefa genérica e pode ser aplicada em diversos domínios. Por exemplo, na área médica, médicos podem investigar pacientes; na área educacional, professores podem investigar aspectos cognitivos de alunos; na área policial, policiais podem investigar assassinatos; na área empresarial, auditores podem investigar balanço patrimonial de empresas, entre outros.

Seguindo essa linha de raciocínio, pode-se dizer que uma tarefa de investigação é composta por agentes investigadores e por coisas (bens, pessoas, documentos, acontecimentos, etc.) que serão investigadas.

Sendo assim, a proposta para representação específica da tarefa de investigação espelha-se no trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2012). Entretanto, dentre os conceitos apresentados por esses autores, alguns foram considerados na íntegra, outros sofreram alterações em sua funcionalidade, outros excluídos e alguns novos conceitos inseridos.

Os conceitos *Investigação*, *Investigador*, *Investigado*, *AgenteInvestigador*, *BemInvestigado*, *PessoaInvestigada*, *OrdemDeInvestigação* e *Tarefa* foram considerados na íntegra. Estes são termos que podem ser utilizados em uma tarefa de investigação que independem do domínio da aplicação (vide Figura 4.1). O termo *Papel* sofreu alteração em sua funcionalidade, sendo agora identificado por *PapeldeAgente*, mas sua relação foi mantida.

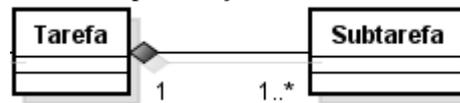


Fonte: Oliveira, Figueira e Lopes. (2012).

Assim, pode-se dizer que em toda investigação há a presença de investigadores e investigados. Em outras palavras, pode-se afirmar que uma investigação pode ter diversos investigadores e diversos investigados. *Investigador* e *Investigado* representam os papéis de conhecimento que entidades do domínio exercerão ao executar uma tarefa de investigação. *AgenteInvestigador* é uma especialização de *Investigador* e *BemInvestigado* e *PessoaInvestigada* são especializações de *Investigado*. Ademais, um agente investigador pode exercer (desempenhar) um ou mais papéis.

No trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2012), observa-se a utilização do termo *OrdemDeInvestigação*. Este conceito informa que a realização das tarefas de investigação deve obedecer a uma ordem determinada. Porém, nesta dissertação, a ordem de investigação estabelece a sequência das ações e também suas condições de execução, ou seja, o fluxo de controle entre as tarefas, como será apresentado adiante.

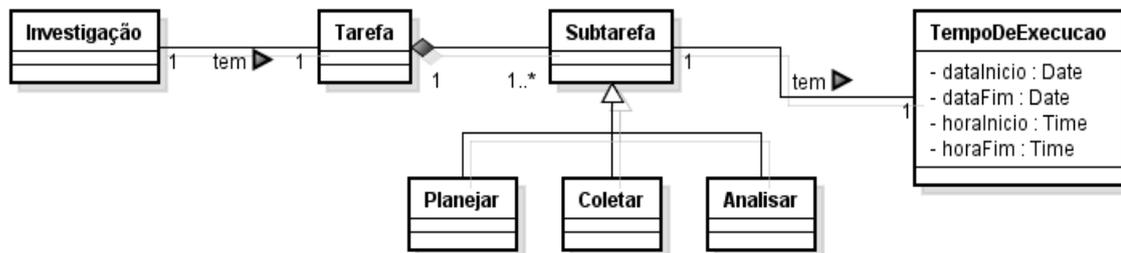
Como a representação do conhecimento de tarefas envolve a decomposição da tarefa em subtarefas, o conceito *Subtarefa* foi criado e será adicionado ao modelo, sendo integrado através do conceito *Tarefa*. A Figura 4.2 informa que toda *Tarefa* é composta de uma ou mais *Subtarefa*.

Figura 4.2 – Representação do Conceito *Subtarefa*

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Em relação às subtarefas da tarefa de investigação, foram consideradas as subtarefas *Planejar*, *Coletar* e *Analisar* como subtarefas da tarefa investigação¹². Além disso, uma subtarefa normalmente possui restrições em relação ao tempo de execução, ou seja, as restrições de tempo especificam o intervalo de tempo para execução de uma tarefa (SCHMIDT, 2015). Deste modo, o conceito *TempoDeExecucao* foi criado e associado ao conceito *Subtarefa*. A Figura 4.3 ilustra a representação destes conceitos.

Figura 4.3 – Representação das Subtarefas da Tarefa de Investigação



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

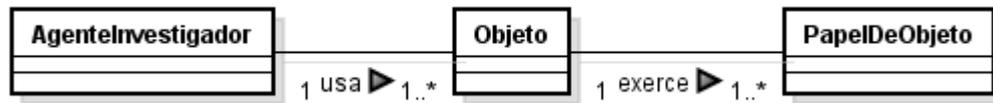
Na Figura 4.3, *Planejar*, *Coletar* e *Analisar* são especializações de *Subtarefa*. Nesta representação, optou-se pela utilização de verbos como forma de definir as ações que os agentes executarão em uma tarefa de investigação.

Conforme Van Welie, Van Der Veer e Eliëns (1998), alguns objetos são necessários para que uma tarefa seja executada. Os computadores, por exemplo, são objetos normalmente utilizados pelos agentes durante a execução de uma determinada tarefa. Desta forma, pode-se dizer que um agente investigador usa um ou mais objetos enquanto realiza uma tarefa de investigação. Em outras palavras, diz-se que os objetos são usados pelos agentes. Além do mais, os objetos também podem representar papéis. Um papel de objeto, segundo Silva (2004), limita as informações e o comportamento que outras classes podem ter ao acessá-lo. A

¹² Esta consideração está baseada conforme informações concedidas pela Escola Penitenciária de Pernambuco Professor Ruy da Costa Antunes, no curso de Formação de Agentes Penitenciários, disciplina Investigação, cuja apostila encontra-se disponibilizada no Anexo A, itens 1, 2 e 3 da seção 'Etapas da Investigação'. Apesar do material concedido tratar-se exclusivamente do domínio policial, os conceitos planejamento, coleta e análise podem ser aplicados em qualquer ambiente investigativo.

Figura 4.4 ilustra o relacionamento entre os conceitos *AgenteInvestigador*, *Objeto* e *PapelDeObjeto*.

Figura 4.4 – Representação dos Conceitos *AgenteInvestigador*, *Objeto* e *PapelDeObjeto*



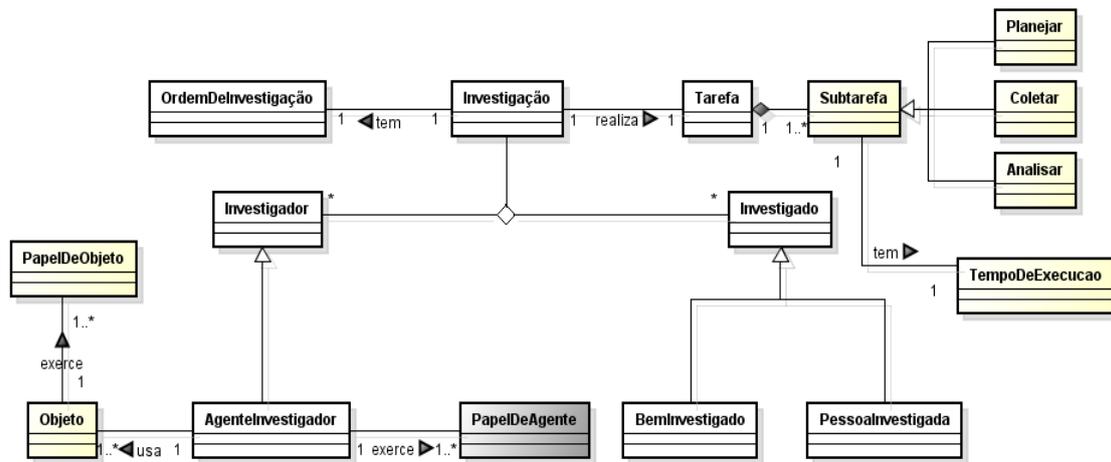
Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

O conceito *Papel de Objeto* foi criado para restringir o comportamento de um objeto. Conforme dito, outras classes podem sofrer limitações de uso em relação a determinados objetos. Por exemplo, um objeto do tipo ‘Computador’, quando representado pelo *PapelDeObjeto* ‘Servidor Web’, será definido como o objeto que responde pelo serviço WWW (*World Wide Web*), ou seja, o ‘Servidor Web’ atenderá as solicitações via protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*), retornando páginas HTML.

Em relação ao trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2012), os conceitos *Agente Policial* e *Foco* foram excluídos. O primeiro por referir-se a um domínio específico, como o domínio policial. Neste caso, não haveria motivo para mantê-lo, visto que o objetivo dessa proposta é a representação de tarefas de investigação que possam ser aplicadas em diferentes domínios. O segundo, porque a proposta apresentada não utiliza elementos contextuais, conforme delimitação descrita na Seção 1.4.

A Figura 4.5 mostra os construtores da tarefa de investigação após as modificações propostas em parágrafos anteriores. Os que estão como o fundo branco são os construtores definidos no trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2012). Os que estão com o fundo amarelo são novos construtores inseridos na tarefa de investigação e aquele que está com o fundo cinza é o construtor que sofreu alteração na sua funcionalidade.

Figura 4.5 – Visão Estrutural da Tarefa de Investigação



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

4.2.2 Representação de Agentes Inteligentes

A representação dos conceitos e relacionamentos referentes aos agentes inteligentes está baseada na teoria de Russell e Norvig (2013) e também nos trabalhos de Silva (2004) e Gonçalves (2009).

Os principais tipos de agentes definidos por Russell e Norvig (2013) são: (i) agentes reativos simples, (ii) agentes reativos baseados em modelos, (iii) agentes baseados em objetivos e (iv) agentes baseados em utilidade.

Todos os agentes, independente do seu tipo, compõe-se de sensores e atuadores. Além disso, todos eles executam ações tendo como base as suas percepções sobre um determinado ambiente.

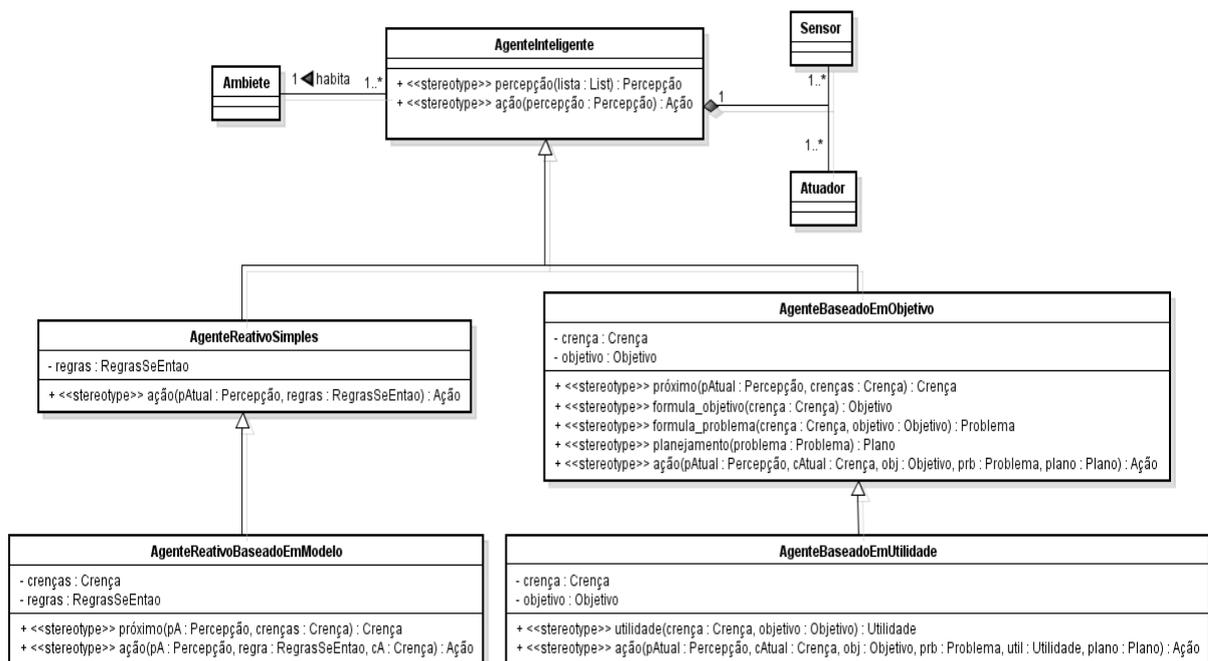
Conforme dito na fundamentação teórica, item 2.2.2.1, os agentes reativos simples não possuem crenças e suas ações são selecionadas com base em regras condição-ação. Os agentes reativos baseados em modelo (ou conhecimento) tem estrutura similar aos agentes reativos simples, acrescentando, porém, as crenças às suas propriedades estruturais.

Por sua vez, os agentes baseados em objetivos possuem crenças e têm objetivos definidos. Eles não se baseiam em regras condição-ação para selecionar uma ação, mas utilizam um plano de ação que seja capaz de atingir os objetivos. Os agentes baseados em utilidade tem

estrutura parecida com os agentes baseados em objetivos, e acrescentam a função utilidade para escolher a melhor forma de atingir os objetivos.

Com base na fundamentação teórica de agentes e nos trabalhos de Silva (2004) e Gonçalves (2009), elaborou-se a seguinte representação estrutural para os agentes inteligentes que pode ser vista na Figura 4.6.

Figura 4.6 – Visão Estrutural dos Agentes Inteligentes



Fonte: Gonçalves (2009).

Nota: Adaptado.

A Figura 4.6 informa que um ou mais *AgenteInteligente* habita em um *Ambiente* e é composto de um ou mais *Sensor* e *Atuador*. *AgenteInteligente* é a classe generalizada de *AgenteReativoSimples* e *AgenteBaseadoEmObjetivo*. Ademais, todo agente percebe o ambiente em que está inserido através de seus sensores e age nesse mesmo ambiente através de atuadores. Desta forma, as operações percepção e ação foram representadas na classe *AgenteInteligente* e podem ser sobrecarregadas pelas entidades especializadas. As percepções dos agentes referem-se aos dados de entrada, enquanto que as ações referem-se às informações de saída a serem executadas.

Observa-se que a classe *AgenteReativoSimples* tem em sua estrutura um conjunto de regras do tipo se-então também chamada de regras condição-ação. Estas devem ser consideradas para a escolha da ação a ser executada. Deste modo, o *AgenteReativoSimples*, para escolher a ação a ser executada, considera sua percepção atual, sobre ambiente em que se encontra, mais as regras condição-ação e, conseqüentemente, executa ação conforme as regras pré-estabelecidas.

O *AgenteReativoBaseadoEmModelo* é uma extensão do *AgenteReativoSimples*. Sendo assim, o *AgenteReativoBaseadoEmModelo* herda todas as características do *AgenteReativoSimples* e acrescenta suas próprias características tais como crença e operação 'próximo'. As crenças são os conhecimentos adquiridos pelo agente durante o seu ciclo de vida. A operação 'próximo' tem como finalidade atualizar as crenças desse agente. Para tanto, ela recebe a crença atual (ou estado atual) mais as percepções do agente e retorna as crenças atualizadas. Este tipo de agente além de considerar a percepção e as regras condição-ação, para a escolha da ação a ser tomada, também leva em consideração seu histórico de percepção, ou seja, as suas crenças.

O *AgenteBaseadoEmObjetivo* não trabalha com regras condição-ação, mas possui crenças e objetivos definidos. Também mantém em sua estrutura a operação 'próximo' de forma que suas crenças possam ser atualizadas à medida que suas percepções vão sendo modificadas. Além do mais, os objetivos podem ser reformulados à proporção que suas crenças vão sendo alteradas. De posse dos objetivos e das crenças, um problema é formulado e um plano é gerado e deverá ser observado antes e durante a escolha das ações.

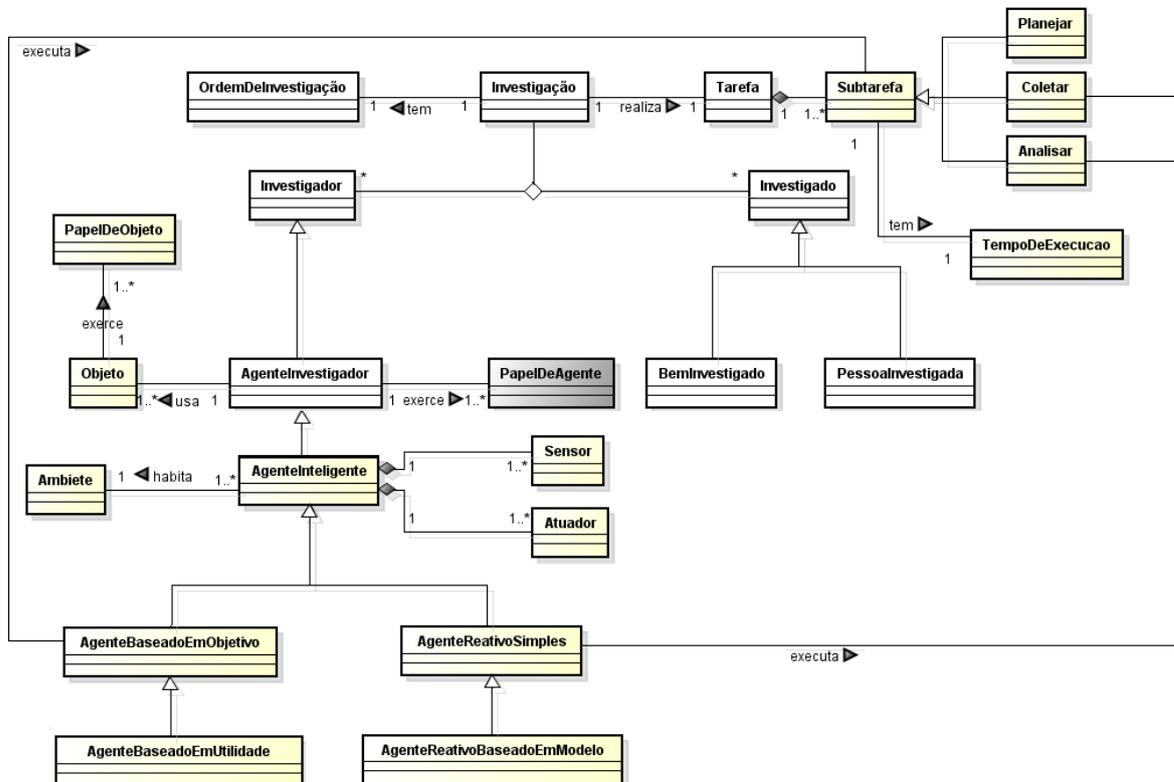
Por sua vez, o *AgenteBaseadoEmUtilidade* é uma extensão do *AgenteBaseadoEmObjetivo*. Sendo assim, *AgenteBaseadoEmUtilidade* herda todas as características do *AgenteBaseadoEmObjetivo* e acrescenta suas próprias características tal como a operação 'utilidade'. Esta operação deve estar associada ao 'planejamento', pois ela deve ser capaz de escolher dentre as ações possíveis, aquela que seja mais útil, de acordo com critérios estabelecidos.

4.2.3 Integração da Tarefa de Investigação com Agentes Inteligentes

Alguns domínios podem ser mapeados na tarefa de investigação proposta. Isto é possível porque a ontologia de tarefa foi desenvolvida de forma independente de domínio. As descrições foram feitas usando termos genéricos.

A Figura 4.7 ilustra a representação ontológica de tarefa de investigação com agentes inteligentes. A integração foi feita ao considerar a classe *AgenteInteligente* como subclasse da classe *AgenteInvestigador*. Verifica-se que os agentes reativos apenas executam as subtarefas *Coletar* e *Analisar*, pois os mesmos não possuem em sua estrutura a operação de planejamento. Por sua vez, a subtarefa *Planejar* só poderá ser executada pelos agentes baseados em objetivo e em utilidade, pois estes agentes possuem em sua estrutura uma função capaz de realizar planejamentos. Assim, os agentes baseado em objetivo e baseado em utilidade podem executar qualquer subtarefa.

Figura 4.7 – Modelo Conceitual da Tarefa de Investigação para uso de Agentes Inteligentes



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

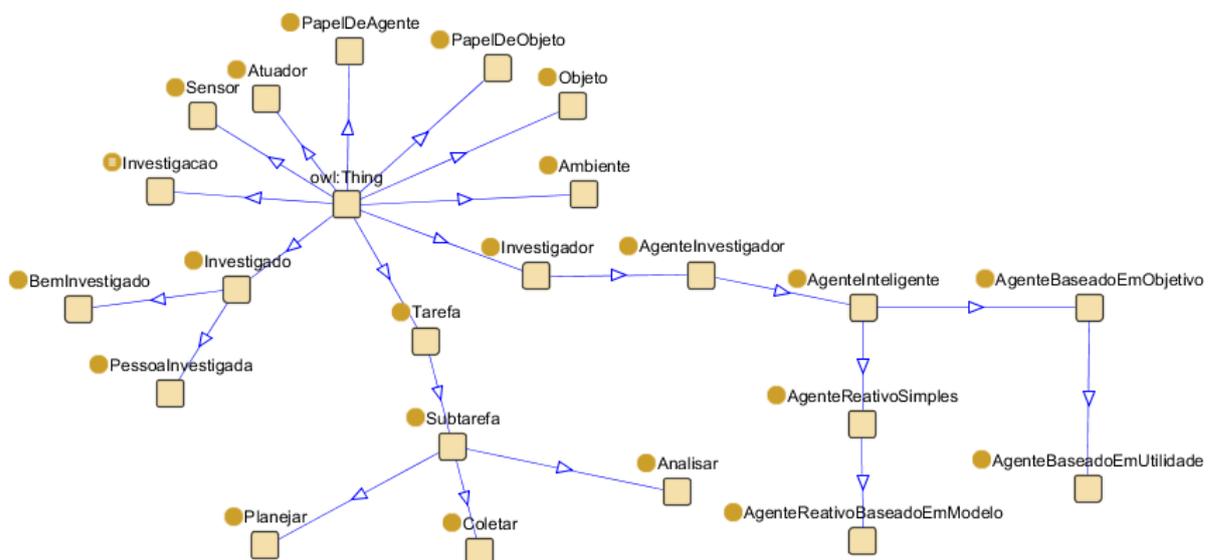
Nesta representação, conceitos referentes ao conhecimento de agentes inteligentes foram mapeados aos papéis de conhecimento da tarefa de investigação. Assim, os conceitos de agentes inteligentes integram-se não somente à parte estrutural, mas também à parte comportamental, pois esta parte é fortemente relacionada por referência aos papéis de conhecimento de um ambiente investigativo (MARTINS, 2009).

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DOS ASPECTOS ESTRUTURAIS DA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES INTELIGENTES

A ontologia deste trabalho encontra-se na linguagem OWL. O editor de ontologias utilizado para seu desenvolvimento foi o *Protégé*¹³ na versão 3.5. A linguagem OWL tem sido recomendada pelo W3C, um consórcio internacional para padrões na Web, como um padrão para definir e instanciar ontologias.

As ontologias OWL compõem-se essencialmente de classes, propriedades e indivíduos. As classes são interpretadas como conjuntos de indivíduos (ou conjunto de objetos). São conceitos básicos de um domínio qualquer. A Figura 4.8 exibe as classes da ontologia proposta.

Figura 4.8 – Classes da Tarefa de Investigação para uso de Agentes Inteligentes



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

¹³ O Protégé é um editor capaz de manipular ontologias representadas em OWL.

O relacionamento entre os conceitos de uma ontologia ocorre por meio de propriedades. Deste modo, as propriedades definidas podem ser vistas como relacionamentos entre classes e, conseqüentemente, como relacionamentos entre indivíduos.

Os relacionamentos representam um tipo de associação entre conceitos do domínio e podem conter relações binárias, sendo o primeiro argumento conhecido como domínio e o segundo como imagem na relação (SCHMIDT, 2015). O Quadro 4.1 apresenta as principais propriedades que foram especificadas na ontologia de tarefa proposta.

Quadro 4.1 – Domínio e imagem das propriedades definidas na ontologia de tarefa proposta

Domínio	Propriedades	Imagem
Tarefa	<i>ehExecutadaPor</i>	AgenteInteligente
Tarefa	<i>ocorreEm</i>	Ambiente
Investigação	<i>temInvestigador</i>	AgenteReativoSimples
Investigação	<i>temInvestigador</i>	AgenteReativoBaseadoEmModelo
Investigação	<i>temInvestigador</i>	AgenteBaseadoEmObjetivo
Investigação	<i>temInvestigador</i>	AgenteBaseadoEmUtilidade
Investigação	<i>temInvestigado</i>	BemInvestigado
Investigação	<i>temInvestigado</i>	PessoaInvestigada
AgenteInvestigador	<i>exercePapelAgente</i>	PapelDeAgente
AgenteInvestigador	<i>utiliza</i>	Objeto
AgenteReativoSimples	<i>executaAcoesDaSubtarefa</i>	Coletar
AgenteBaseadoEmObjetivo	<i>executaAcoesDaSubtarefa</i>	Planejar
Objeto	<i>exercePapelObjeto</i>	PapelDeObjeto
Ambiente	<i>ehHabitadoPor</i>	AgenteInteligente

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

O Quadro 4.1 apresenta o domínio e a imagem de algumas propriedades. Estas conectam indivíduos de um domínio a indivíduos de um escopo (imagem). Por exemplo, na ontologia proposta, a propriedade *temInvestigador* liga indivíduos pertencentes a classe *Investigação* a indivíduos pertencentes à classe *Agente Reativo Simples*, *AgenteReativoBaseadoEmModelo*, *AgenteBaseadoEmObjetivo* e *AgenteBaseadoEmUtilidade*.

As propriedades definidas em uma ontologia OWL são usadas para restringir os indivíduos de uma classe, podendo ser classificadas em três categorias principais: (i) restrições de quantificador (*quantifier restrictions*); (ii) restrições de cardinalidade (*cardinality restrictions*); e (iii) restrições ‘temValor’ (*hasValue restrictions*).

As **restrições de quantificador** (axiomas da ontologia) são compostas por um quantificador, uma propriedade e uma classe que contém indivíduos que atendem a restrição (chamada de *filler*). Os quantificadores utilizados são: (i) o quantificador existencial (\exists) – em OWL é lido como ‘algunsValoresDe’ (*someValuesFrom*); e (ii) o quantificador universal (\forall): em OWL é lido como ‘todosValoresDe’ (*allValuesFrom*).

Por exemplo, a restrição ‘ \exists *temInvestigador* AgenteReativoSimples’ é constituída pelo quantificador existencial \exists , pela propriedade *temInvestigador*, e pelo *filler* ‘AgenteReativoSimples’. Esta restrição descreve o conjunto de indivíduos que tem pelo menos um agente inteligente, e este agente é um indivíduo da classe ‘AgenteReativoSimples’. Exemplo semelhante pode ser dado a classe ‘BemInvestigado’ e a propriedade *temInvestigado*. Assim, pode-se declarar a restrição existencial da seguinte maneira: ‘ \exists *temInvestigado* BemInvestigado’ (vide Figura 4.9 abaixo).

Figura 4.9 – Restrições usando o quantificador existencial (\exists)

Asserted Conditions	
NECESSARY & SUFFICIENT	
NECESSARY	
owf:Thing	
temInvestigado some BemInvestigado	E
temInvestigador some AgenteReativoSimples	E

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

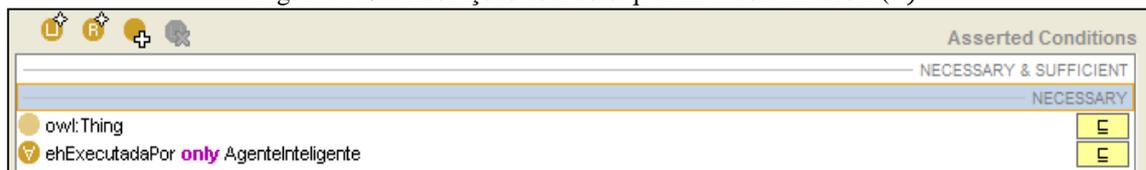
As restrições que utilizam o quantificador existencial (\exists) especificam a existência de pelo menos um relacionamento através de uma dada propriedade com um indivíduo membro de uma classe, identificada pelo *filler*. Entretanto, o uso do quantificador existencial não obriga que os únicos relacionamentos, através de uma determinada propriedade, que possam existir sejam obrigatoriamente com indivíduos membros de uma classe específica (*filler*).

No exemplo da Figura 4.9, o uso da restrição existencial ‘ \exists *temInvestigador* AgenteReativoSimples’ descreve os indivíduos que tem pelo menos um relacionamento através da propriedade *temInvestigador*, com um indivíduo membro da classe ‘AgenteReativoSimples’. Esta restrição não implica que todos os relacionamentos *temInvestigador* devam ser, obrigatoriamente, membros da classe ‘AgenteReativoSimples’. Idem para ‘ \exists *temInvestigado* BemInvestigado’.

Para restringir um relacionamento através de uma propriedade com indivíduos membros de uma classe específica, deve-se usar o quantificador universal. A restrição universal é identificada pelo símbolo \forall e condiciona o relacionamento através de uma dada propriedade com indivíduos que são membros de uma classe específica. Por exemplo, ao usar a restrição universal expressa pela declaração ‘ \forall *ehExecutadaPor* AgenteInteligente’ descreve-se os indivíduos cuja totalidade dos relacionamentos *ehExecutadaPor* ocorre com membros da classe ‘AgenteInteligente’. Os indivíduos não têm relacionamentos *ehExecutadaPor* com indivíduos que não sejam membros de ‘AgenteInteligente’.

As restrições usando quantificador universal (\forall) restringem um relacionamento através de uma dada propriedade com indivíduos membros de uma classe específica. A Figura 4.10 ilustra a restrição universal definida no parágrafo anterior.

Figura 4.10 – Restrições usando o quantificador universal (\forall)



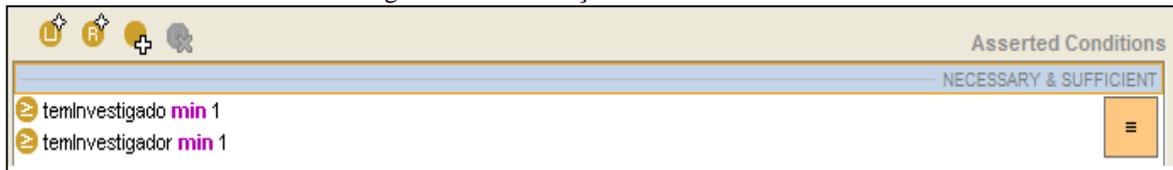
Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

As **restrições de cardinalidade** descrevem basicamente as classes de indivíduos que têm pelo menos um ou no máximo ou exatamente um número específico de relacionamentos com outros indivíduos.

Assim, para uma dada propriedade P , uma restrição de cardinalidade mínima especifica o número mínimo de relacionamentos P que um indivíduo deve participar. Uma restrição de cardinalidade máxima especifica o número máximo de relacionamentos P que um indivíduo pode participar. Esse tipo de restrição ainda pode especificar o número exato de relacionamentos P que um indivíduo participa.

Duas restrições de cardinalidade foram criadas em OWL especificando que para alguma coisa ser uma ‘Investigação’ é necessário que tenha pelo menos um tipo de Agente Inteligente (definido pela propriedade *temInvestigador*) e pelo menos uma ‘PessoaInvestigada’ ou ‘BemInvestigado’ (definidos pela propriedade *temInvestigado*). A Figura 4.11 ilustra algumas restrições de cardinalidade definidas para a ontologia proposta. Destaca-se que essas condições são necessárias e suficientes para que uma investigação exista.

Figura 4.11 – Restrições de cardinalidade

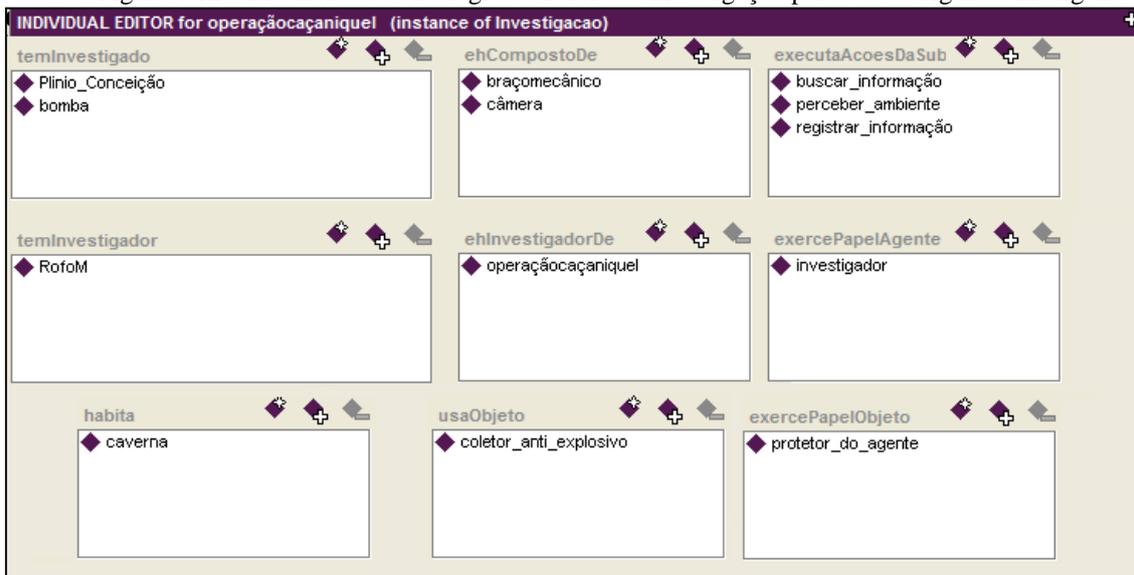


Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

As **restrições ‘tem valor’** (*hasValue*) são representadas pelo símbolo “” e descrevem o conjunto de indivíduos que possui pelo menos um relacionamento através da propriedade com um indivíduo específico. Por exemplo, a restrição *hasValue* representada pela declaração *temAgenteReativoSimples* “*Rofo*” descreve o conjunto de indivíduos que tenha pelo menos um relacionamento através da propriedade *temAgenteReativoSimples* com o indivíduo *Rofo*.

Os indivíduos representam objetos no domínio de interesse e são conhecidos como instâncias, ou seja, os dados reais da base de conhecimento. Geralmente, os indivíduos são referenciados como instâncias de classes. Para exemplificar instâncias referentes às classes *Investigação*, *AgenteReativoSimples*, *Sensor*, *Atuador*, *BemInvestigado*, *PessoaInvestigada*, *Objeto*, *PapelDeObjeto* e *Ambiente* foram criadas e podem ser observadas na Figura 4.12 abaixo.

Figura 4.12 – Instâncias da Ontologia de Tarefa de Investigação para uso de Agentes Inteligentes



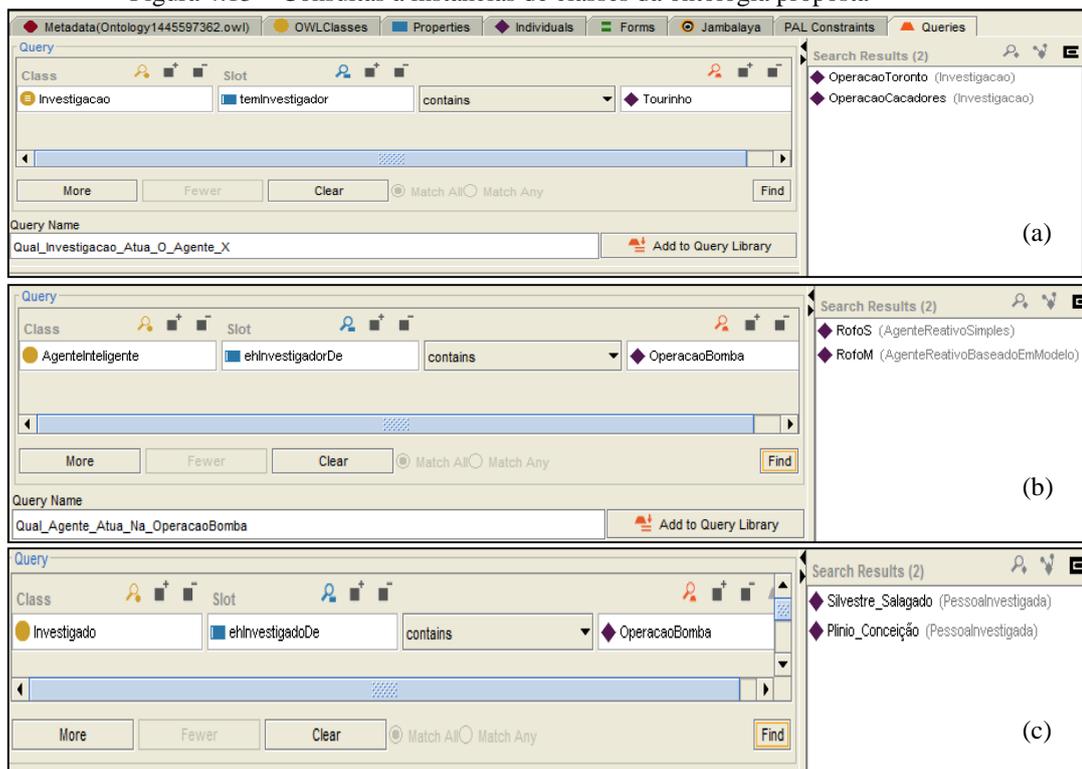
Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Tomando como base a figura acima, pode-se dizer que a ‘operaçãoocaçaniquel’ tem como investigador o agente ‘RofoM’ e como investigados: a pessoa ‘Plinio_Conceição’ e o bem

‘bomba’. Ademais, ‘RofoM’ é composto por uma câmera (sensor) e por um ‘braçomacânico’(atuador) e habita em uma caverna (ambiente do RofoM). Para executar as ações – ‘buscar_informação’, ‘perceber_ambiente’ e ‘registrar_informação’ – referente à subtarefa *Coletar*, ‘RofoM’ utiliza um ‘coletor_anti_explosivo’ o qual exerce o papel de ‘protetor_do_agente’.

Além dessas instâncias, outras foram criadas com o intuito de se realizar consultas para saber quais são as investigações que um determinado agente atua, quais são os investigadores de uma determinada investigação ou quem são as pessoas investigadas em uma determinada investigação. A Figura 4.13 (a) (b) e (c) exhibe consultas através do editor de ontologias *Protégé*.

Figura 4.13 – Consultas a instâncias de classes da ontologia proposta



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

A Figura 4.13 (a) exhibe as operações em que agente inteligente ‘Tourinho’ atua, a saber: ‘OperacaoToronto’ e ‘OperacaoCacadores’. Em relação à parte (b) da figura, a consulta mostra ‘RofoS’ e ‘RofoM’ como agentes inteligentes da ‘OperacaoBomba’. Por fim, a parte (c) exhibe ‘Silvestre_Salgado’ e ‘Plinio_Conceição’ como as pessoas investigadas da ‘OperaçãoBomba’.

4.4 VISÃO COMPORTAMENTAL DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS EXECUTADAS PELOS AGENTES INTELIGENTES

Do modo geral, toda investigação pode ser compreendida como um processo científico que parte de um problema, formula hipóteses e elabora uma conclusão. Normalmente, as investigações envolvem diferentes agentes que trabalham de maneira complementar e interativa, sem a perda da sua autonomia funcional, aplicando métodos e técnicas próprias, em busca de um conhecimento (EL TASSE, 2010).

4.4.1 Decomposição da Tarefa de Investigação e Fluxo de Controle

Em regra, uma tarefa de investigação envolve as subtarefas de planejamento, coleta e análise de dados. A Figura 4.14 ilustra a ordem de execução dessas tarefas através de um diagrama de atividades UML.



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Observa-se que *Planejar*, *Coletar Dados* e *Analisar Dados* são subtarefas da tarefa de investigação. Estas subtarefas ainda podem ser subdivididas. Haja vista o símbolo de ancinho colocado dentro de cada nó das subtarefas de investigação.

Conforme ilustra a Figura 4.14, o fluxo de controle da tarefa investigativa inicia com o planejamento da investigação, em seguida vem a coleta de dados e informações e depois a análise para a escolha da tomada de decisão.

Em relação à subtarefa ‘Planejar’, esta é necessária para conhecer e entender o contexto do domínio investigativo. Nessa etapa, deve-se saber o que se deseja e o que deve ser feito para se atingir o objetivo pretendido.

Segundo o material referente à disciplina Investigação (vide Anexo A), o planejamento pode ser realizado em sete etapas, na seguinte ordem:

- a) Definir quais ações devem ser feitas;
- b) Justificar a escolha de cada ação escolhida;
- c) Nomear os agentes responsáveis por cada ação;
- d) Informar local onde as ações serão executadas;
- e) Definir prazos para execução das ações propostas em (1);
- f) Informar como as ações devem ser executadas;
- g) Considerar, quando possível, o custo de execução de cada ação.

As etapas acima são ações, da *Subtarefa Planejar*, que serão realizadas por agentes específicos na seguinte ordem: descrever ações; justificar a escolha das ações; nomear os responsáveis; definir o ambiente investigativo; estabelecer os prazos inicial e final para conclusão das ações; descrever como as ações serão realizadas e, por fim, havendo a necessidade de definir o custo de cada ação esta deve ser considerada. A Figura 4.15 exibe as ações da subtarefa de planejamento.

Figura 4.15 – Decomposição da Subtarefa *Planejar Investigação*



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

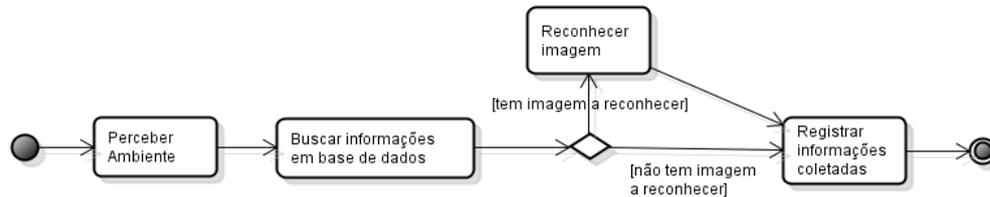
Normalmente, a fase de planejamento é feita por agentes humanos. Porém, agentes inteligentes, do tipo baseado em objetivo e baseado em utilidade, podem também realizar planos. Ambos os tipos possuem em sua estrutura o módulo de execução de plano que permite executar as ações da subtarefa Planejar.

Após a fase de planejamento, vem a fase de coleta de dados. Esta fase busca obter informações sobre a realidade específica e abrange diversas ações. Normalmente, a maioria das ações referente à coleta de dados pode ser feita por qualquer tipo de agente inteligente.

Para a coleta de dados foram consideradas as seguintes ações: perceber o ambiente (explorar o ambiente investigado através da percepção) tendo em vista a obtenção dos dados de entrada; buscar informações em bases de dados sobre a ‘coisa’ investigada (bem ou pessoa); reconhecer imagens fotográficas quando possível; e registrar as novas informações coletadas. Outras ações podem ser necessárias durante esta fase. Isto dependerá do tipo de investigação e

do tipo de agente que está realizando a investigação. De modo geral, as ações definidas para a subtarefa Coletar Dados podem ser vistas na Figura 4.16.

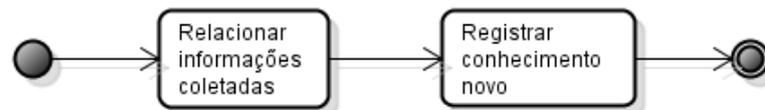
Figura 4.16 – Decomposição da Subtarefa *Coletar Dados*



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Feita a coleta, o investigador deve, agora, na fase de análise, relacionar as informações coletadas. Desta forma, um bem investigado pode, por exemplo, estar ligado a mais de uma pessoa investigada em uma ou mais investigação ocorrida em determinados ambientes. O relacionamento das informações coletadas pode ser realizado através de operações de junções e intersecções entre as diferentes fontes de coleta de dados. O resultado dessas operações deve ser registrado em alguma base de dados como um novo conhecimento que foi gerado, possibilitando uma futura tomada de decisão. A Figura 4.17 ilustra as duas ações da subtarefa Analisar Dados.

Figura 4.17 – Decomposição da Subtarefa *Analisar Dados*



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

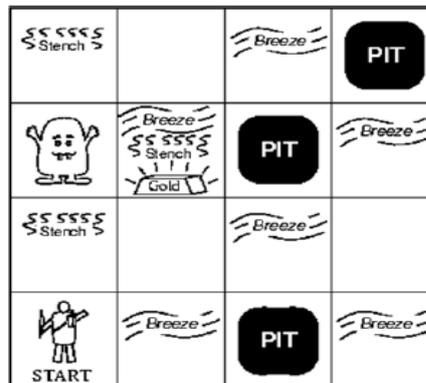
Percebe-se que a decomposição da tarefa de investigação corresponde a vários algoritmos de procedimentos que tenta resolver algum tipo de problema. A atividade investigativa deve se apropriar de informações que permitem uma tomada de decisão. Desta forma, pode-se dizer que toda investigação é um processo intencional que tem por objetivo a resolução de algum problema.

4.5 EXEMPLOS DE VISÕES ESTRUTURAL E COMPORTAMENTAL DE UM AGENTE REATIVO BASEADO EM MODELO

De posse da ontologia criada, esta seção exibe os modelos estrutural e comportamental de um agente inteligente do tipo reativo baseado em modelo. Este agente faz parte de um cenário descrito por Russell e Norvig (2013) identificado como Mundo Wumpus.

O Mundo Wumpus é um jogo ambientado numa caverna composta pelos seguintes elementos: (i) um monstro denominado Wumpus o qual exala um mau cheiro; (ii) um agente reativo baseado em modelo denominado RofoM que conhece os limites da caverna; (iii) salas vazias; (iv) salas com alçapões; e (v) um sala com um pote de ouro. As salas são conectadas por passagens. Sendo que algumas salas têm alçapões sem fundo, permitindo a queda tanto do Wumpus quanto do RofoM, basta que algum deles entre nessas salas. Em alguma outra sala, há um pote de ouro em que o agente RofoM deverá encontrar. Ressalta-se que o agente RofoM pode perceber o monstro Wumpus sentindo o seu mau cheiro, os alçapões são percebidos através da brisa e o ouro, através do brilho. O cenário do Mundo Wumpus está ilustrado na Figura 4.18.

Figura 4.18 – Mundo Wumpus

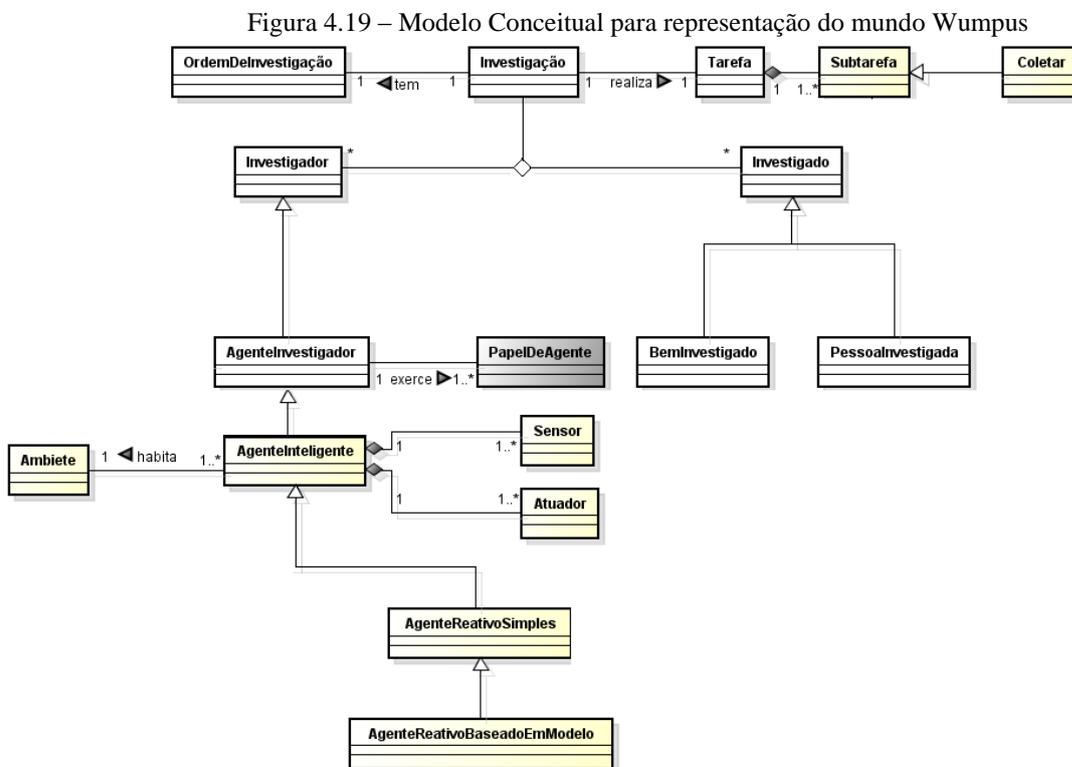


Fonte: Russell e Norvig (2013).

Tanto o Wumpus quanto o RofoM podem se locomover pela caverna nos sentidos norte, sul, leste e oeste. Sendo proibida a locomoção na diagonal. Quem primeiro encontrar o pote de ouro vence o jogo. Este jogo foi adaptado para que as ações da tarefa coletar dados pudessem ser executadas pelo agente inteligente RofoM.

O RofoM tem uma base de conhecimento que permite inferir informações acerca do ambiente e baseia-se em regras do tipo se-então para escolha das ações. Estas regras possibilitam a diminuição do risco de cair em alçapões ou ser pego pelo Wumpus. Portanto, a arquitetura reativa baseada em modelo, neste caso, é tida como a mais adequada para modelagem do agente RofoM (GONÇALVES, 2009).

Neste exemplo, a maioria dos construtores definidos no modelo conceitual da Figura 4.7 foi utilizado e estão apresentados na Figura 4.19 para o mundo Wumpus. Assim, a caverna é o *Ambiente* do *Agente Inteligente* do tipo *AgenteReativoBaseadoEmModelo*, representado pelo RofoM, e por outros elementos definidos anteriormente tais como o monstro Wumpus, o *BemInvestigado* - pote de ouro -, entre outros. Em outras palavras, pode-se dizer que o RofoM representa o papel *Investigador* que visa executar as ações presentes em *Coletar*. Além disso, o RofoM percebe o seu ambiente através de instâncias em *Sensor*, representado pelo olfato, visão e tato; e atua nesse mesmo ambiente através de instâncias em *Atuador*, tais como pernas mecânicas que o permite se locomover pela caverna. A Figura 4.19 exhibe os construtores do mundo Wumpus.



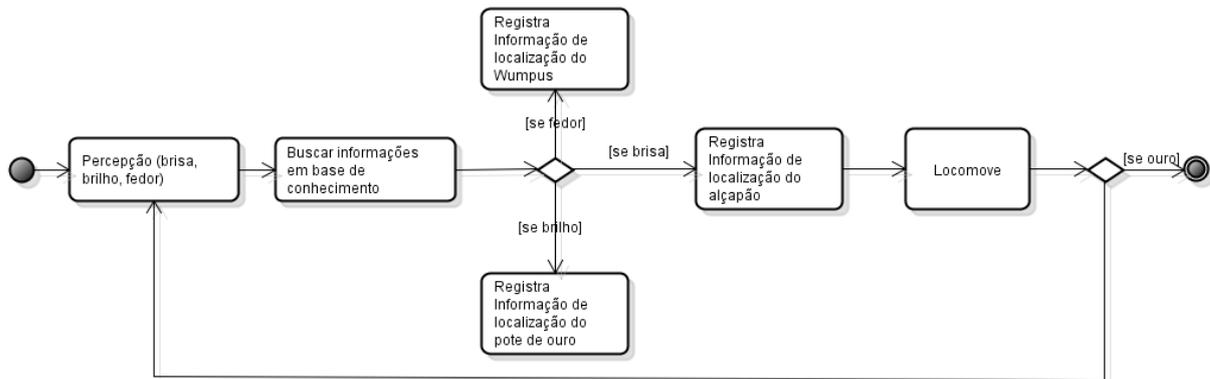
Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Em relação ao comportamento do agente RofoM perante a subtarefa Coletar dados, este deverá seguir o fluxo de controle, representado pelo diagrama de atividades, conforme ilustra a Figura 4.20. Assim, o RofoM para executar as ações da subtarefa coleta de dados deverá:

- a) Perceber o ambiente através do olfato (fedor), da visão (brilho) e do tato (brisa);
- b) Buscar informações em sua base de conhecimento;
- c) Registrar informações pertinentes à localização do Wumpus (se fedor) ou dos alçapões (se brisa) e do ouro (se brilho);
- d) Locomover-se em busca do pote de ouro até encontrá-lo;
- e) Finalizar jogo ao encontrar o pote de ouro; não encontrando, voltar ao passo (1).

Observa-se que neste exemplo, a ação reconhecer imagem foi retirada, pois neste caso ela não será utilizada.

Figura 4.20 – Modelo Comportamental do RofoM para a Subtarefa Coletar Dados



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou a seguinte proposta: uma ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes. Esta ontologia contemplou tantos os aspectos estruturais quanto aspectos comportamentais de uma tarefa de investigação executadas por agentes.

Acredita-se que os artefatos gerados nesta ontologia tais como os conceitos e relacionamentos envolvidos em um ambiente investigativo (vide os diagramas de classes e atividades) possam ser utilizados em diversas áreas que necessitam realizar tarefas investigativas. Ademais, o fato de contemplar o conhecimento de agentes inteligentes, torna esta ontologia uma fonte de informação para auxiliar pessoas que tenham interesse em desenvolver aplicativos que se utilizem desta tecnologia.

Além dos modelos estruturais e comportamentais apresentados, a ontologia proposta foi implementada no *Protégé* através de classes, propriedades, restrições de quantificador (axiomas) e restrições de cardinalidade. Algumas instâncias também foram criadas de maneira que consultas pudessem ser geradas. Para finalizar este capítulo, exemplos de visões estrutural e comportamental para o mundo Wumpus foram criados com a finalidade de verificar a utilização dos conceitos e das propriedades da ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes.

Destaca que a notação baseada através de diagramas da UML acrescenta facilidade de compreensão e reuso dos modelos gerados, por ser a UML uma notação vastamente difundida no desenvolvimento de software. Os diagramas são muito utilizados para a modelagem de ontologias.

Por outro lado, percebe-se que apesar das ontologias de tarefa vir recebendo uma maior atenção por parte de pesquisadores da área de computação, elas diferentemente das ontologias de domínio, ainda necessitam de abordagens de representação e metodologias para sua elaboração.

5 AVALIAÇÃO DA ONTOLOGIA DE TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES INTELIGENTES APLICADA AO AMBIENTE POLICIAL

Este capítulo apresenta o desenvolvimento de um protótipo cuja finalidade é avaliar os modelos estrutural e comportamental da ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes. Uma vez que no capítulo 4 foi modelado o agente reativo baseado em modelo, resolveu-se acrescentar, neste protótipo, o agente baseado em utilidade, utilizando-se de Lógica de Primeira Ordem e da representação Léxico Ampliado da Linguagem¹⁴.

Assim, este capítulo encontra-se dividido em quatro seções: (i) a primeira seção apresenta uma breve introdução de conceitos referentes à investigação policial; (ii) a segunda seção apresenta as fontes de aquisição do conhecimento em relação ao domínio de investigação policial; (iii) a terceira seção descreve os passos realizados na construção e avaliação do protótipo e, por fim, (iv) a quarta seção apresenta as considerações finais do capítulo.

5.1 INTRODUÇÃO

Entende-se por investigação policial a pesquisa de vestígios e indícios relativos a certos fatos com a finalidade de esclarecer ou descobrir alguma coisa (SILVA, 2014). A investigação policial pode se vista como um procedimento formado por um conjunto de tarefas interligadas (diligências) que visa esclarecer determinados problemas. O problema, em uma investigação policial, é o fato colocado diante do investigador. De posse do fato, os investigadores formulam proposições especulativas que se aceitam de forma provisória como ponto de partida de uma investigação.

O processo de investigação policial pode ser diferente para cada tipo de infração penal, pois cada área criminal possui características próprias de atuação tais como local, pessoas, objetos, etc. Porém, de modo geral, o processo consiste em realizar: (i) um planejamento da investigação; (ii) a coleta de dados em fontes disponíveis como, por exemplo, entrevistas (interrogatórios), campana (vigilância), pesquisa em base de dados e em fontes de imagens

¹⁴ O Léxico Ampliado da Linguagem é uma linguagem de representação da Engenharia de Requisitos que tem por objetivo mapear o vocabulário utilizado em um contexto no qual o software deverá ser desenvolvido e operado (BREITMAN; LEITE, 2004).

fotográficas, exploração do local, monitoramento de e-mails, etc., e (iii) análise dos dados¹⁵. Nesta etapa do processo, o investigador ou o grupo de investigadores começa a relacionar pessoas, lugares, objetos formando uma teia que sirva de base para o processo de investigação e da tomada de decisão (SANTOS, 2005).

Então, com o objetivo de demonstrar e avaliar os conceitos apresentados na ontologia proposta foi desenvolvido um protótipo para ser usado na realização de tarefas de investigação policial executadas por agentes inteligentes, com a intenção de constatar a viabilidade da proposta desta dissertação.

5.2 AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO COMO REQUISITOS PARA A CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Antes da implementação do protótipo, fez-se necessário uma análise de trabalhos que tivessem como tema principal o domínio da investigação policial. Entre eles, destacam-se: (i) o trabalho de Santos (2005), que tem como um dos objetivos principais utilizar os termos e a hierarquia de uma ontologia de domínio policial para gerar uma teia de investigação que auxilie investigadores humanos no processo de reconhecimento de possíveis formações de quadrilhas e, (ii) o material concedido pela Escola Penitenciária de Pernambuco Professor Ruy da Costa Antunes, no curso de Formação de Agentes Penitenciários, disciplina Investigação (vide Anexo A). Além desses trabalhos, foi criado e aplicado um questionário para ser respondido por especialistas da área investigativa. Destaca-se que antes da aplicação do questionário fez-se necessário explicar os conceitos básicos da ontologia de tarefa aos respondentes, pois os mesmos não tinham conhecimento sobre o tema ontologia.

O questionário foi respondido por cinco policiais ocupantes de cargo de investigação, pertencentes à esfera federal (Polícia Federal), sendo conduzido da seguinte forma: primeiramente, apresentou-se e explicou-se a ontologia de tarefa; depois o questionário foi entregue aos investigadores; dúvidas que surgiram foram esclarecidas; e, por fim, o questionário foi aplicado e recolhido.

¹⁵ Esta afirmação está baseada conforme informações concedidas pela Escola Penitenciária de Pernambuco Professor Ruy da Costa Antunes, no curso de Formação de Agentes Penitenciários, disciplina Investigação, cuja apostila encontra-se disponibilizada no Anexo A.

A aplicação do questionário teve como objetivo avaliar os termos, relacionamentos e o fluxo de controle das tarefas definidas na ontologia de tarefa proposta. Através da aplicação do questionário, novas informações foram sugeridas, além de melhorias para ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes.

O questionário pode ser apreciado no Anexo B desta dissertação e encontra-se dividido em 4 (quatro) blocos: (i) o bloco 1 refere-se à identificação do participante; (ii) o bloco 2 refere-se à participação do investigador em atividades de modelagem de dados; (iii) o bloco 3 refere-se a questões sobre a ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes em seu aspecto estrutural; (iv) e, por fim, o bloco 4 refere-se a questões sobre a ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes em seu aspecto comportamental.

Assim, têm-se as questões de 1 a 3 referindo-se à titulação e à prática profissional dos investigadores policiais. As questões de 4 a 6 são relativas ao conhecimento dos investigadores policiais em modelagem de dados. Questões 7 e 8 referindo-se aos conceitos (termos e relacionamentos) apresentados na ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes, ou seja, questiona-se o modelo estrutural da ontologia proposta. Finalizando, têm-se as questões 9 e 10 que dizem respeito ao fluxo de controle das tarefas de investigação, referindo-se, portanto, ao modelo comportamental da ontologia proposta.

O resultado da aplicação do questionário mostrou que os modelos estrutural e comportamental da ontologia proposta foram considerados adequados, e poucas alterações foram sugeridas. Em relações aos modelos apresentados, os especialistas da área policial fizeram as seguintes considerações: (i) não deve haver rigidez nos prazos de uma investigação policial; eles existem, porém, devem ser prazos flexíveis que normalmente são estendidos quando surgem novas informações; (ii) substituir o termo ‘reconhecer’ do fluxo de controle da subtarefa Coletar Dados por ‘capturar’; (iii) o fluxo de controle das tarefas está adequado, o mesmo, porém, pode ser aplicado apenas de forma genérica, pois, segundo eles, o processo de investigação policial é bastante dinâmico e dificilmente há um *script* a ser seguido para cada tipo de investigação.

5.3 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

O processo de desenvolvimento do protótipo seguiu os passos definidos por Sommerville (2011), quais sejam: (i) primeiramente, fez-se necessário estabelecer os objetivos do protótipo; (ii) em seguida, foram definidas que funcionalidades seriam colocadas ou retiradas do protótipo; (iii) de posse das funcionalidades, iniciou-se o desenvolvimento do protótipo propriamente dito; (iv) e, por fim, deu-se a avaliação do protótipo desenvolvido.

Destaca-se que a finalidade deste protótipo consistiu em verificar a viabilidade da proposta apresentada no Capítulo 4, de forma que a mesma pudesse ser avaliada por especialistas (investigadores) da área policial.

De forma geral, pode-se dizer que os objetivos principais deste protótipo são: (i) validar termos e conceitos apresentados nos modelos estrutural e formal da ontologia proposta e, (ii) demonstrar algumas tarefas de investigação executadas por agentes inteligentes de softwares.

Para que os objetivos acima fossem atingidos, as funcionalidades de cadastro da investigação e de consultas sobre investigados foram definidas para o protótipo em questão. A partir dessas consultas, uma teia de investigação é gerada, podendo auxiliar os agentes investigadores humanos no processo de reconhecimento de possíveis formações de quadrilhas¹⁶.

O cadastro da investigação é feito pelo agente investigador humano. Nesta etapa, este tipo de agente informa nome e objetivo da investigação. Em seguida, deve-se partir para a captura de fontes de informações externas, as quais podem ser obtidas através de imagens, jornais, e-mails, etc. Ainda nesta fase, o agente humano também pode definir os tipos de agentes inteligentes que participarão das tarefas de investigação policial, além de pessoas e bens que vão ser investigados.

A Figura 5.1 exhibe a tela inicial de Cadastro da Investigação Policial. Nela podem-se observar os atributos da investigação policial (nome e objetivo) e os respectivos ícones de inserção: das fontes externas (o qual permite *upload* de arquivos textos, imagens, áudios e vídeos), dos

¹⁶ O crime de quadrilha ou bando está previsto no artigo 288, do Código Penal Brasileiro, podendo ser compreendido como uma associação de mais de três pessoas para o fim de cometer crimes.

termos do domínio policial com seus significados, relacionamentos e classificação, dos agentes inteligentes de software e, por fim, de pessoas investigadas.

As informações referentes aos agentes inteligentes e aos investigados da investigação, que foi denominada ‘Operacao QuadFor’, podem ser importadas da ontologia OWL. Ao clicar no botão ‘importar Dados da Ontologia OWL’ algumas propriedades referentes aos agentes e aos investigados desta Operação são capturadas pela aplicação. Desta forma, elimina-se boa parte da carga inicial que seria feita pelo investigador humano.



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Como a ontologia proposta utiliza termos genéricos, fez-se necessário incluir uma seção de cadastro de termos utilizados no domínio policial. A inclusão destes termos permitirá aos agentes inteligentes de software gerar uma teia de investigação que auxilie os agentes investigadores humanos no processo de reconhecimento de possíveis formações de quadrilhas.

Os termos foram inseridos de acordo com a metodologia Léxico Ampliada da Linguagem (LAL). Esta metodologia descreve símbolos de uma linguagem. Os símbolos são informações que possuem significados no domínio de uma aplicação, sendo compostos de um nome (identificação do símbolo), noção (denotação do símbolo) e impacto (conotação do símbolo). Ademais, os símbolos devem ser classificados como objeto, sujeito, estado e verbo (BREITMAN, LEITE, 2004 *apud* SANTOS, 2005).

As regras de formação para descrição dos símbolos utilizando a metodologia LAL informam que a noção para o sujeito diz quem é o sujeito, enquanto que o impacto, para o sujeito, descreve as ações a serem realizadas pelo sujeito. A noção de verbo informa quem faz, quando acontece e que procedimentos estão envolvidos, enquanto que o impacto, para o verbo, diz que outras ações também ocorrem e quais são os estados resultantes. A noção de objeto define o objeto e identifica outros objetos com os quais ele se relaciona. Por sua vez, o impacto, para o objeto, identifica ações que são aplicadas ao objeto. A noção de estado informa o que significa e quais ações levaram a este estado. Enquanto que o impacto, para o estado, identifica outros estados e ações que podem ocorrer a partir do estado aqui descrito (BREITMAN; LEITE, 2004).

As figuras a seguir exibem a tela de inserção de termos utilizados do domínio policial. Nos exemplos foram inseridos os termos ‘agente inteligente’, ‘coletar’, ‘maconha’ e ‘concluído’, com suas respectivas descrições para noção, impacto e classificação, gerando, portanto, um símbolo para o domínio policial.

Figura 5.2 – Inserção do Termo Agente Inteligente

A janela de software, intitulada "Inserção de Termos Específicos do Domínio", apresenta o seguinte conteúdo:

- Símbolo do Domínio Policial**
- Termo:** Um campo de texto contendo "Agente Inteligente".
- Classificação:** Um menu suspenso com o texto "Sujei..." e uma seta para baixo.
- Noção:** Um campo de texto contendo "Investigador capaz de identificar e relacionar pessoas e bens investigados".
- Impacto:** Um campo de texto contendo "Responsável pelo planejamento coleta e análise de dados".
- Inserir:** Um botão localizado na parte inferior direita do formulário.

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Figura 5.3 – Inserção do Termo Coletar

The screenshot shows a window titled "Inserção de Termos Específicos do Domínio". Inside, under the heading "Símbolo do Domínio Policial", there are three input fields:

- Termo:** A text box containing the word "Coletar". To its right is a dropdown menu labeled "Classificação" with "Verbo" selected.
- Noção:** A text box containing the text "Tarefa executada pelo Agente Inteligente".
- Impacto:** A text box containing two lines of text: "Agente Inteligente coleta informações sobre Maconha" and "Agente Inteligente coleta informações sobre Investigad".

At the bottom right of the form area is a button labeled "Inserir".

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Figura 5.4 – Inserção do Termo Maconha

The screenshot shows the same window as Figure 5.3, but with different data entered:

- Termo:** A text box containing the word "Maconha". To its right is a dropdown menu labeled "Classificação" with "Objeto" selected.
- Noção:** A text box containing the text "Droga feita da folha da maconha que causa dependência, proibida para consumo e venda."
- Impacto:** A text box containing two lines of text: "Investigado tem posse de maconha" and "Agente Inteligente coleta dados sobre a maconha".

At the bottom right of the form area is a button labeled "Inserir".

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Figura 5.5 – Inserção do Termo Concluído

Inserção de Termos Específicos do Domínio

Símbolo do Domínio Policial

Termo Classificação

Noção

Impacto

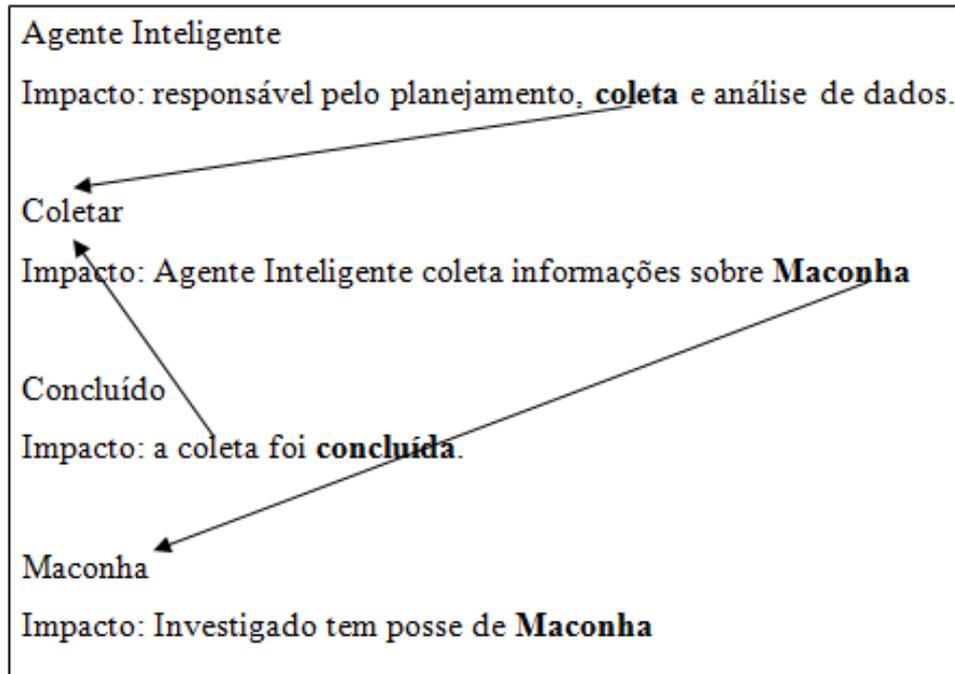
Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Através da descrição do nome, impacto e noção para cada símbolo acima exemplificado, podem-se considerar os seguintes fatos:

- a) Agente Inteligente é um Investigador.
- b) Coleta é uma tarefa.
- c) Agente Inteligente executa coleta.
- d) Maconha é uma droga.
- e) Agente Inteligente coleta informações sobre maconha.
- f) Conclui-se coleta.

De posse dos fatos, ligações entre os símbolos são verificadas. Como exemplo, a descrição textual de Impacto para ‘Agente Inteligente’ o liga ao símbolo ‘Coletar’ através da palavra **coleta** expressa no campo Impacto de ‘Agente Inteligente’. Outras ligações também podem ser observadas. Por exemplo, entre os símbolos ‘Coletar’ e ‘Concluído’ e entre ‘Coletar’ e ‘Maconha’. No primeiro caso, a ligação é feita através da palavra **concluída** expressa textualmente no campo Impacto do estado ‘Concluído’. No segundo caso, a ligação é feita através palavra **maconha** descrita no Impacto do símbolo ‘Coletar’. A Figura 5.6 mostra mais claramente essas ligações.

Figura 5.6 – Ligação entre os símbolos



Fonte: Santos (2005).
Nota: Adaptado.

Desta forma, podem-se reescrever os fatos acima, em lógica de primeira ordem, da seguinte forma:

- a) investigador(agente inteligente).
- b) tarefa(coleta).
- c) executa(agente inteligente, tarefa).
- d) droga(maconha).
- e) coleta_informacoes(agente inteligente, maconha).
- f) concluido(coleta).

A escrita em lógica de primeira ordem é condizente com a teoria de Van Welie, Van Der Veer e Eliëns (1998) para explicar os relacionamentos entre os conceitos.

O Quadro 5.1 mostra alguns símbolos que foram cadastrados no protótipo criado. De posse dos símbolos cadastrados, propriedades (relacionamentos) entre os símbolos foram verificados e conceitos foram gerados. Como exemplo, o termo ‘Alcunha’ que foi cadastrado textualmente com o Impacto ‘alcunha identifica investigado’. Neste caso, verifica-se a presença do verbo ‘identificar’. Assim, o símbolo ‘Investigado’ (sujeito) está ligado ao

símbolo ‘Alcunha’ (objeto). Em lógica de primeira ordem tem-se: identifica (alcunha, investigado).

Quadro 5.1 – Lista de Símbolos e sua Classificação

Sujeito	Objeto	Verbo	Estado
Agente Inteligente	Maconha	Coletar	Concluído
Investigado	Bens	Possuir	Andamento
Mãe	Alcunha	Analisar	
Pai	Carro	Planejar	
Pessoa relacionada	Delito	Identificar	

Fonte: Santos (2005).

Nota: Adaptado.

As ligações entre os termos são realizadas com a intenção de se gerar conceitos para a aplicação. Portanto, um termo tem um nome, uma descrição e um relacionamento, formando um conceito.

A Figura 5.7 exhibe as telas de inserção dos agentes inteligentes que executarão as tarefas de investigação da “Operação QuadFor”. O lado (A) da Fig. 5.7 mostra que o agente RoFo, do tipo Reativo Baseado em Modelo, ao ser inserido participará do processo investigativo executando as tarefas de coleta e análise dos dados. Enquanto que o lado (B), mostra que o agente GuFu, do tipo Baseado em Utilidade, participará do processo investigativo executando a tarefa de planejamento.

Figura 5.7 – Tela de Inserção de Agentes Inteligentes

The figure shows two side-by-side screenshots of a software interface titled 'Inserção de Agentes Inteligentes'. Both screenshots show a form for configuring an agent. The left screenshot (A) is for agent 'RoFo'. The 'Tipo' section has three radio buttons: 'Reativo Simples', 'Reativo Baseado em Modelo' (selected), and 'Baseado em Utilidade'. The 'Participa' section has three checkboxes: 'Planejamento' (unchecked), 'Coleta' (checked), and 'Análise' (checked). The right screenshot (B) is for agent 'GuFu'. The 'Tipo' section has four radio buttons: 'Reativo Simples', 'Reativo Baseado em Modelo', 'Baseado em Utilidade' (selected), and 'Reativo Baseado em Modelo'. The 'Participa' section has three checkboxes: 'Planejamento' (checked), 'Coleta' (unchecked), and 'Análise' (unchecked). Both screenshots have 'Importar OWL' and 'Inserir Novo' buttons at the bottom.

(A)

(B)

Fonte: Santos (2005).

Nota: Adaptado.

A Figura 5.8 exibe a tela de inserção de pessoas investigadas. A imagem mostra um formulário onde o agente investigador humano informa alguns atributos da pessoa investigada. No exemplo abaixo, observa-se um investigado¹⁷ e suas respectivas propriedades: alcunha (apelido), nome do pai, nome da mãe, etc. Sendo possível, deve-se cadastrar também pessoas e bens relacionados ao investigado.

Figura 5.8 – Tela de Inserção dos Investigados

Dados do Investigado na Operação QuadFor

Origem da Fonte: JORNAL A TARDE DE 19/05/2015

Nome: F.C.

Alcinha: C.

Pai: M.C.

Mãe: Fy.C.

Profissão:

Endereço: RUA K. 123

Observações: NA DATA DE 11/09/2015, EM UMA BARREIRA DA PRF NA BR 367, ENTRE PORTO SEGURO E EUNAPÓLIS, FOI PRESO O NACIONAL F.C. TRANSPORTANDO CERCA DE 18 KG DE MACONHA ACONDICIONADOS EM LATAS DE LEITE EM PÓ. A DROGA ESTAVA SENDO TRANSPORTADA NO VEÍCULO CORSA PLACA JPT-1234.

Importar OWL Novo Pessoa Relacionada Bem Relacionado

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

De acordo com as observações da Figura 5.8 é possível identificar algumas palavras que representam um significado importante para o domínio do policial, a saber: tráfico, transportando, drogas, maconha. Além destas palavras, outros termos são importantes para a criação de uma teia de investigação, por exemplo: “BR 367 entre Porto Seguro e Eunápolis” (local), o nome de um suposto investigado e bem investigado (veículo).

Com o intuito demonstrar uma teia gerada pelos agentes inteligentes da aplicação, foram cadastradas duas pessoas relacionadas ao investigado com os seus respectivos bens (vide Figura 5.9).

¹⁷ As informações contidas neste trabalho em relação a dados da investigação são fictícias, já que o ambiente do estudo de caso é um órgão de segurança pública. Portanto, os nomes dados às pessoas e aos bens investigadas, neste exemplo, são todos fictícios e, mesmo assim, foram abreviados visando garantir privacidades.

Figura 5.9 – Inserção de Pessoas Relacionadas

The image displays two side-by-side screenshots of a software application window titled 'Inserção de Pessoa Relacionada com o Inv...'. Each window contains a form for adding a related person. The left window shows the following data: Nome: A.S., Alcunha: T., Tipo de Relação: PRIMO, Bens: EMPRESA DE NOME MOTOXYZ. The right window shows: Nome: C.C., Alcunha: L., Tipo de Relação: IRMÃO, Bens: TAXI CORSA. Both windows feature an 'Adicionar' button at the bottom right.

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

De posse dos dados cadastrados, para os exemplos das Figuras 5.8 e 5.9, pode-se afirmar os seguintes fatos:

- a) Pessoa investigada é um investigado.
- b) Investigado tem alcunha.
- c) Investigado tem pai.
- d) Investigado tem mãe.
- e) Investigado tem endereço.
- f) Investigado tem bem.
- g) Investigado relaciona-se com pessoa relacionada.
- h) Pessoa relacionada tem alcunha.
- i) Pessoa relacionada tem bem.
- j) Bens tem descrição.

Os fatos acima quando instanciados representam o histórico inicial de percepções dos agentes. A partir desse histórico, os agentes inseridos serão capazes de gerar uma teia de investigação identificando pessoas que possivelmente poderão formar uma quadrilha.

Para gerar a teia os agentes inteligentes buscam informações nas fontes de dados disponíveis, tendo como ponto de partida um determinado investigado (pessoa ou bem). As demais coletas são realizadas de modo que uma intersecção entre as propriedades dos investigados possa ser observada.

Desta forma, o agente inteligente reativo baseado em modelo (RoFo) é o agente responsável pelas subtarefas coletar e analisar dados relativos a um determinado delito. A coleta deve buscar responder, por exemplo, os seguintes questionamentos:

- a) Existem pessoas que se relacionam com o investigado? Se sim, quem são essas pessoas?
- b) As pessoas relacionadas também têm vínculo com outros investigados?
- c) Existem bens em comum entre o investigado e o relacionado? Se sim, quais são esses bens?

O ‘GuFu’ (agente baseado em utilidade) é o agente responsável pelo o planejamento da investigação, ou seja, este agente executa a subtarefa planejar investigação da ‘Operacao QuadFor’. Neste exemplo, ele será o responsável por descrever as ações que serão realizadas pelo RoFo (o responsável pela execução das ações), definir o ambiente investigativo e também por descrever o modo como RoFo executará suas ações. Ele, portanto, é o agente responsável por orientar o RoFo durante a execução de suas ações.

O ambiente investigativo habitado e definido pelo GuFu consiste em bases de informações de dados, quer de SGBD quer de base de fatos e regras. O GuFu orienta o agente RoFo dizendo onde a coleta de informações deve ser realizada. Pode-se afirmar, portanto, que o agente Rofo exerce o papel de coletor de informações enquanto que o agente GuFu exerce o papel de gerenciador (delegado) da investigação.

Para que o agente RoFo execute suas tarefas de forma eficiente, às vezes, faz-se necessário o uso de objetos que permita a leitura e/ou escrita nas bases de dados disponíveis. Assim, o RoFo percebe o ambiente através de seus sensores definidos, no protótipo, como classes compostas de operações capazes de executar métodos de consultas e atualizações nas bases de dados. Em relação à atuação deste agente no ambiente, esta consiste em exibir os resultados das consultas de acordo com os parâmetros informados pelos investigadores humanos, permitindo que novas consultas possam ser realizadas.

De acordo com as sugestões feitas pelos entrevistados, neste protótipo, não se usou o construtor ‘TempoDeExecução’. Assim como não foi usado também o ‘PapelDeObjeto’, pois não foi percebido nenhuma utilidade prática para este construtor.

As ações dos agentes inteligentes são representadas através de comportamentos. Desta forma, o comportamento do RoFo consiste na coleta de informações em fontes de dados disponíveis, relacionando as informações coletadas e registrando novos conhecimentos. Assim, se existirem pessoas que se relacionam com o investigado, é possível verificar, por exemplo, se essas pessoas cometeram delitos.

Os dois agentes foram implementados através do *framework* JADE. Este framework suporta a definição, o armazenamento e a leitura de novas ontologias e utiliza classes já definidas em Java, facilitando o processo de criação dos agentes inteligentes.

Destaca-se que em relação ao comportamento dos agentes, o código que implementa esta funcionalidade deve estar em uma classe diferente da classe *Agent*. Portanto, uma vez implementado o código referente ao comportamento do agente, para que este seja executado é necessário sua invocação, no corpo de ação do agente.

A ordem da investigação é definida pelo agente Gufu em seu planejamento. Assim, ao executar a ação ‘descrever ações’, este agente informa ao RoFo onde a coleta de informações deve ser iniciada.

Para gerar a teia, o agente inteligente reativo consulta as fontes de dados disponíveis e de posse dos dados coletados inicia seu processo de análise. No exemplo acima, este agente é capaz de verificar a presença de um investigado, por exemplo ‘F.C.’, o qual transportava em um veículo Corsa (bem) 18kg de maconha (droga).

Ademais, o agente também identifica duas pessoas relacionadas com o investigado ‘F. C.’, são elas: A.S. (primo do investigado) e C.C. (irmão do investigado). Diante desta análise, pode-se extrair os seguintes predicados:

- a) investigado(f.c.).
- b) investigado_de(f.c., operacao_quadfor).
- c) pai(m.c., f.c.).
- d) mae(fy.c, f.c.).
- e) primo(a.s., f.c.).
- f) irmao(c.c., f.c.).

- g) bem(corsa, f.c.).
- h) bem(corsa, c.c.).
- i) bem(emp_motoxyz, a.s.).

Através do predicados acima, os agentes inteligentes são capazes de descobrir todas as pessoas relacionadas com o investigado ‘F.C.’. A partir desta descoberta, os agentes inteligentes poderão verificar se essas pessoas têm relação com outros investigados e, sendo a resposta positiva, os mesmos podem ir construindo sua teia, identificando em outras fontes de dados outros investigados que se relacionam, por exemplo, com a pessoa ‘A.S.’.

A teia gerada pelos agentes foi construída da seguinte forma: primeiramente, o agente reativo (RoFo) recebe uma mensagem do agente baseado em utilidade (GuFu) para coletar informações sobre o investigado ‘F.C.’. Esta mensagem representa um pedido de um agente para o outro, onde o solicitante deseja coletar informações sobre um determinado investigado. O trecho de código da Figura 5.10 mostra a mensagem sendo enviada através da classe *ACLMessage*.

Figura 5.10 – Envio de Mensagem

```

addBehaviour(new OneShotBehaviour(this) {
    public void action() {
        ACLMessage msg = new ACLMessage(ACLMessage.INFORM);
        msg.addReceiver(new AID("RoFo", AID.ISLOCALNAME));
        msg.setLanguage("Português");
        msg.setOntology("Operacao QuadFor");
        msg.setContent("coletar informações sobre o investigado"+ nome);
        myAgent.send(msg);
    }
});

```

Fonte: Elaborado pela própria autora

O agente RoFo recebe a mensagem através do método *receive()*. Esta pode ser observada no trecho de código da Figura 5.11 abaixo.

Figura 5.11 – Recebimento de Mensagem

```

addBehaviour(new CyclicBehaviour(this) {
    public void action() {
        ACLMessage msg = myAgent.receive();
        if (msg != null) {
            String msgRecebida = msg.getContent();
            executarTarefa(msgRecebida);
        } else
            block();
    }
});

```

Fonte: Elaborado pela própria autora

Como a mensagem enviada pelo GuFu informa ao RoFo que este deve coletar informações sobre o investigado ‘F.C.’, este então captura os dados do investigado e verifica se existem pessoas que se relacionam com ‘F.C.’. Neste Exemplo, o RoFo é capaz de identificar que o investigado relaciona-se com ‘A. S.’ e ‘C.C.’ e que estes estão ligados, respectivamente, aos bens ‘MotoXYZ’ e ‘Taxi corsa’. A Figura 5.12 mostra a saída gerada pelo agente RoFo.

Figura 5.12 – Resultado da primeira coleta do agente RoFo

```

jun 24, 2016 9:33:28 PM jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
INFORMAÇÕES: -----
Agent container Main-Container@192.168.0.12 is ready.
-----
RoFoTarefa: coletar informações sobre o investigado: F.C.
[
Investigado...F.C. : Alcinha.....C.]
[
Se relaciona com...: A.S.
Bem do Relacionado.: empresa de nome MOTOXYZ,
Se relaciona com...: C.C.
Bem do Relacionado.: taxi corsa]
[
Investigado.....: F.C.
Bem do Investigado.: Corsa JPT 1234
Descrição do bem... ]

```

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Após o RoFo ter encontrado pessoas que se relacionam com o investigado, faz-se necessário, agora, coletar informações sobre as pessoas relacionadas tendo em vista que o objetivo dos agentes é formar uma teia de investigação. Neste caso, o RoFo executa a coleta de informações tendo como parâmetro as pessoas relacionadas que passam a ser investigadas. As Figuras 5.13 e 5.14 mostram as saídas geradas pela segunda e terceira coletas executadas agente RoFo. Na Figura 5.13, observa-se que a pessoa ‘A.S.’ relaciona-se com mais dois

investigados (J.J. e C.J.) além do ‘F.C.’. Entretanto, a pessoa ‘C.C.’ apenas se relaciona com ‘F.C.’ (vide Figura 5.14), informação esta que já tinha sido descoberta na primeira consulta.

Figura 5.13 – Resultado da segunda coleta do agente RoFo

```

jun 24, 2016 10:04:03 PM jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
INFORMAÇÕES: -----
Agent container Main-Container@192.168.0.12 is ready.
-----
RoFoTarefa: coletar informações sobre a Pessoa: A.S.
[
Se relaciona com...: J.J,
Se relaciona com...: C.J.,
Se relaciona com...: F.C.]
[
Investigado.....: A.S.
Bem do Investigado.: Moto XPY
Descrição do bem...: Empresa de Moto Taxi]

```

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Figura 5.14 – Resultado da terceira coleta do agente RoFo

```

jun 24, 2016 10:09:02 PM jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
INFORMAÇÕES: -----
Agent container Main-Container@192.168.0.12 is ready.
-----
RoFoTarefa: coletar informações sobre a Pessoa: C.C.
[
Se relaciona com...: F.C.]
[
Investigado.....: C.C.
Bem do Investigado.: Taxi Corsa
Descrição do bem...: ]

```

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Diante das informações acima, o RoFo ainda coleta informações sobre os investigados ‘C.J.’ e ‘J.J.’. A Figura 5.15 apresenta o resultado da coleta em relação ao investigado ‘C.J.’.

Figura 5.15 – Resultado da quarta coleta do agente RoFo

```

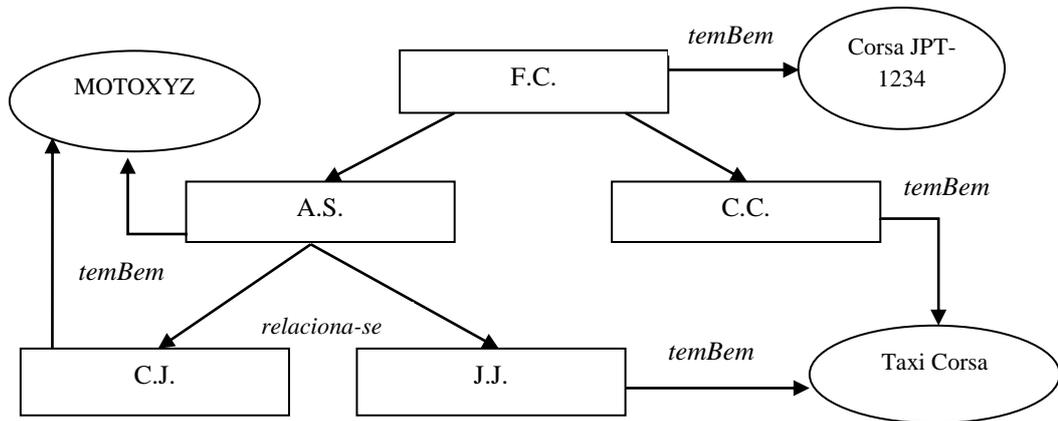
INFORMAÇÕES: -----
Agent container Main-Container@192.168.0.12 is ready.
-----
RoFoTarefa: coletar informações sobre o investigado: C.J.
[
Investigado...C.J. : Alcinha.....:Cy]
[
Se relaciona com...: A.S.
Bem do Relacionado.: empresa de nome MOTOXYZ]
[
Investigado.....: C.J.
Bem do Investigado.: Moto XYZ
Descrição do bem...: Empresa de Moto Taxi]

```

Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

Depois de analisar os dados das coletas, uma melhor visualização das informações pode ser apreciada na teia de investigação apresentada na Figura 5.16. O protótipo da ferramenta ainda não possui uma apresentação gráfica das coletas, porém os resultados apresentados tornam as informações mais claras para os investigadores humanos.

Figura 5.16 – Exemplo de uma Teia de Investigação



Fonte: Elaborado pela própria autora (2015).

5.4 CONSIDERAÇÕES ACERCA DO CAPÍTULO

O protótipo acima serve de apoio aos agentes investigadores humanos para identificação de pessoas e bens que estão na mira de uma investigação. Através dele, os investigadores humanos podem identificar relações entre os investigados, bens e pessoas que se relacionam com um dado investigado. Desta forma, pode-se dizer que este protótipo auxilia os agentes humanos na tomada de decisão referentes a operações policiais.

Acrescenta-se ainda que o desenvolvimento deste protótipo traz benefícios para o ambiente da aplicação, tais como: (i) formalização do domínio policial; (ii) melhor definição do vocabulário técnico policial; e (iii) consultas baseadas na ontologia criada, melhorando a precisão da busca por policiais.

6 CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta inicialmente um resumo de toda dissertação e em seguida, são descritas sugestões para trabalhos futuros.

6.1 REVISÃO DO TRABALHO

Esta dissertação abordou três temas principais: ontologia de tarefas, agentes inteligentes e tarefas de investigação. Ela foi inspirada, principalmente, pelos trabalhos de Oliveira, Figueira e Lopes (2012), Martins (2009), e pelas teorias de Russell e Norvig (2013) relacionadas aos agentes inteligentes.

Diversos trabalhos de ontologias de tarefas e de agentes inteligentes foram pesquisados e seis deles foram classificados como trabalhos correlatos. Estes trabalhos trouxeram significativas contribuições para a dissertação, principalmente o trabalho de Oliveira, Figueira e Lopes (2012) que versa sobre ontologia de tarefas e agentes humanos aplicados ao domínio policial.

Especificamente acerca do desenvolvimento da ontologia de tarefa de investigação para uso de agentes inteligentes, além dos trabalhos acima citados, importa destacar o trabalho de Gonçalves (2009), por este ter se baseado nas teorias de Russell e Norvig (2013) para definir modelos estruturais e comportamentais de agentes.

O modelo ontológico estrutural compõe-se de construtores referentes à investigação, tarefas investigativas e agentes inteligentes. Convém destacar que as subtarefas planejar, coletar e analisar podem ser aplicadas em qualquer domínio investigativo.

Por sua vez, o modelo ontológico comportamental de cada subtarefa foi decomposto em ações a serem executadas pelos agentes inteligentes. Ressalta que de acordo com a sua estrutura, cada agente inteligente é mais apropriado a executar um determinado tipo de subtarefa. Assim, as ações da subtarefa planejar devem ser executadas pelos agentes baseados em objetivo e utilidade enquanto que as subtarefas coletar e analisar podem ser executadas por qualquer tipo de agente inteligente.

Como forma de avaliação da ontologia proposta, foi feita uma modelagem, no Capítulo 4, para o agente reativo baseado em modelo o qual usou boa parte dos construtores propostos no modelo estrutural da ontologia de tarefa de investigação. Em relação ao modelo comportamental apresentado para este agente, pode-se ver a execução das ações de percepção de brisa, busca de ações em base de conhecimento, registro (atualização) de novas informações e locomoção.

Para criação do protótipo aplicado ao ambiente policial, apresentado no capítulo anterior, foi inserido o agente baseado em utilidade que executa a subtarefa planejar e também um agente reativo baseado em modelo para executar as subtarefas coletar e analisar propostas no modelo comportamental da ontologia.

Ainda em relação ao protótipo, o agente baseado em utilidade é capaz de executar as ações descrever ações, definir ambiente investigativo e descrever modo de realização. Ações estas pertencentes à subtarefa Planejar investigação. Por sua vez, o agente reativo baseado em modelo, é capaz de executar as seguintes ações (da subtarefa coletar dados): perceber o ambiente, buscar informações em base de dados e registrar informações. Para a análise de dados este agente executa as ações: relacionar informações e registrar conhecimento novo.

Para que a teia pudesse ser gerada, fez-se necessário a aplicação da metodologia LAL a qual representa símbolos em uma linguagem de aplicação. Essa metodologia além de representar o significado dos termos de uma aplicação, ela é capaz de relacioná-los, oferecendo uma representação mais detalhada do domínio o que facilita a comunicação e compreensão entre atores do ambiente.

Pode-se dizer que, diante das informações coletadas, o protótipo foi capaz de gerar uma teia de investigação, através da intersecção de dados dos investigados e pessoas relacionadas. Neste sentido, acredita-se que esta aplicação auxilia bastante os investigadores humanos policiais em suas tarefas rotineiras de investigação.

Assim, a ontologia apresentada atendeu as demandas de representação de conhecimento a que foi proposta, qual seja: representação do conhecimento de tarefas de investigação genérica para uso de agentes inteligentes.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Uma série de extensões ou novos trabalhos podem ser desenvolvidos de forma que venham tornar a ontologia proposta mais eficiente e completa, principalmente quanto a sua atualização em domínios particulares e sua extensão a outros temas importantes da área de engenharia de software.

Dentre as sugestões, apresenta-se:

- a) Expandir o modelo, adicionando novas tarefas e classes, possibilitando a sua utilização em sistemas multiagentes que executam tarefas colaborativas, provendo conhecimento necessário para que agentes possam argumentar, negociar e reconhecer tarefas que estão sendo executadas pelo grupo;
- b) Aplicar a ontologia proposta ao domínio educacional de forma que aspectos cognitivos de alunos possam ser investigados e explorados por agentes pedagógicos apropriados a guiar o aluno durante o seu processo de aprendizagem. Estes agentes possuem algumas propriedades fundamentais de agentes inteligentes, como autonomia, capacidade social (interações e comunicação) e adaptabilidade ao ambiente. São capazes de aprender e são essencialmente cognitivos, porém podem possuir características de agentes reativos, reagindo a alterações no ambiente em que estão inseridos. Possuem, portanto, um conjunto de regras que determinam os métodos e as estratégias de ensino a serem utilizadas, investigando as melhores estratégias de ensino de acordo com o perfil de cada aluno;
- c) Propõe-se também a aplicação da ontologia a algum domínio da área de saúde, em que os agentes inteligentes do tipo reativo baseado em modelo, através da execução das tarefas de investigação, possam reconhecer determinadas doenças de pacientes investigados de acordo com os sintomas que estes apresentam.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maurício Barcellos; SOUZA, Renato Rocha; COELHO, Kátia Cardoso. Uma proposta de ontologia de domínio para segurança da informação em organizações: descrição do estágio terminológico. **Informação & Sociedade: Estudos**, João Pessoa, v. 20, n. 1, p.155-168, 2010.
- ANJOS, Flávio Rocha. **Extração de informação apoiada por uma ontologia de domínio da Enfermagem baseada em evidências**. 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado)- Sistemas e Computação. Universidade Salvador – UNIFACS, Salvador, 2014.
- BORST, Willem Nico. **Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse**. 1997. 231 f. Tese (Doutorado)- Centre for Telematics and Information System. Universiteit of Twente, Enschede, 1997.
- BOTTAZZI, Emanuele; FERRARIO, Roberta. Preliminaries to a DOLCE Ontology of Organizations. **International Journal Of Business Process Integration And Management**, v. 4, n. 4, 2009, p. 225-238.
- BREITMAN Karin Koogan; LEITE Julio Cesar Sampaio do Prado. **Ontologias: como e porque criá-las**. Jornadas de Atualização em Informática. 1 ed.Porto Alegre: Editora da Sociedade Brasileira de Computação, 2004, p. 3-5.
- BRESSANE, A. F. **Uma arquitetura para agentes inteligentes com personalidade e emoção**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Matemática e Estatística – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2003.
- BRITTO, Roberta; LOPES, Expedito. Uma ontologia de tarefa integrada a regras de negócio para uso de agentes inteligentes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE COMPUTAÇÃO, ENECOMP, UESB, 29., 2013. **Anais...** 2013. p. 127-137.
- GONDIM BRITTO, Roberta; LOPES, Expedito Carlos. Ontology research task for use of intelligent agents. In: INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (CISTI), IBERIAN CONFERENCE ON. IEEE, 10., 2015. **Proceedings...** 2015. p. 1-7.
- CHANDRASEKARAN, Balakrishnan; JOSEHSON, John; BENJAMINS, Richard. What are ontologies, and why do we need then? **Ieee Intelligent Systems**, v. 14, n. 1, 1999, p. 20-26.
- COPPIN, Ben. **Inteligência Artificial**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 668 p.
- EL SHHEIBIA, Tarig Ali Abdurrahmant. **Controle de um braço robótico utilizando uma abordagem de agente inteligente**. 2001. 84 f. Dissertação (Mestrado)– Sistemas e Computação – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2001.
- EL TASSE, Adel. **Investigação Preparatória**. 3. ed. [S.l.]: Jurua, 2010. 204 p.

FENSEL, Dieter. Ontologies: a silver bullet for knowledge management and electronic commerce. **Kybernetes**, v. 33, n.9/10, p. 1544-1546, 2003.

GONÇALVES, Enyo José Tavares. **Modelagem de arquiteturas internas de agentes de software utilizando a linguagem MAS-ML 2.0**. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Ciência da Computação – Universidade Estadual do Ceará – UECE, 2009.

GRUBER, Thomas. **A translation approach to portable ontology specifications**. Technical Report. [S.l.]: Stanford, 1993. KSL 92/7, 23 p.

GUARINO, Nicola. Formal ontology and information system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORMAL ONTOLOGY AND INFORMATION SYSTEMS (FOIS'98), 1., 1998, Trento, Italy. **Proceedings...** Trento: IOS Press, 1998, p. 3-15.

GUIZZARDI, Giancarlo. **Uma abordagem metodológica de desenvolvimento para e com reuso baseada em ontologias formais de domínio**. 2000. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Informática – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2000.

GUIZZARDI, Giancarlo. **Ontological foundations for structural conceptual models**. 2005. 416 f. Tese (Doutorado)- Centre for Telematics and Information System. Universiteit of Twente, Enschede, 2005.

HERRE, Heinrich. General Formal Ontology (GFO): A foundational ontology for conceptual modelling. In: THEORY AND APPLICATIONS OF ONTOLOGY: COMPUTER APPLICATIONS. 2010, The Netherlands. **Anais ...** Netherlands: Springer, 2010. p. 297-345.

LUCENA, Percival. **SemanticAgent, uma plataforma para desenvolvimento de agentes inteligentes**. 2003. 135 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – Universidade de São Paulo, USP, 2003.

MARTINS, Aline. Freitas. **Construção de ontologias de tarefa e sua reutilização na engenharia de requisitos**. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado) – Informática – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2009.

MIZOGUCHI, Riichiro; VANWELKENHUYSEN, Johan; IKEDA, Mitsuro. Task ontology for reuse of problem solving knowledge. In: ECAI'94 TOWARDS VERY LARGE KNOWLEDGE BASES, 2., 1994, **Proceedings...** The Netherlands, Building and Knowledge Sharing. Amsterdam: IOS Press, 1995, p. 46-59.

NOGUEIRA, José Helano Matos. Uma arquitetura de controle inteligente para robôs forenses. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORENSIC COMPUTER SCIENCE (ICoFCS), 1., 2006, Brasília, Brasil. **Proceedings...** 2006. p. 32-37.

NOY, Natalya Fridman; HAFNER Carole. The state of art in ontology design: a survey and comparative review. **AI Magazine**, Palo Alto, v. 18, n. 3, p 53-74, 1997.

NOY, Natalya Fridman; MCGUINNESS, Deborah. **Ontology Development 101: a guide to creating your first ontology**. Stanford: Stanford University, 2001. 25 p. (Technical Report, SMI-2001-0880).

OLIVEIRA, Lucas; FIGUEIRA, Rui; LOPES, Expedito. Aplicação de um Metamodelo de Contexto a uma Tarefa de Investigação Policial. In: JOINT SEMINAR ON ONTOLOGY RESEARCH IN BRAZIL AND VII INTERNATIONAL WORKSHOP ON METAMODELS, ONTOLOGIES AND SEMANTIC TECHNOLOGIES (ONTOBRAS-MOST'12), 5., 2012. Recife, Brasil. **Anais ...** 2012, p. 284-289.

OMG. **Unified Modeling Language (OMG UML)**, Superstructure, V2.5 Metamodelo da UML;[S.l.]: [s.n.], 2015.

PARK, Heum; YOON, Aesun; KWON, Hyuk-Chu. Task model and task ontology for intelligent tourist information service. In: INTERNATIONAL JOURNAL OF U-AND E-SERVICE, SCIENCE AND TECHNOLOGY, 5., 2012. **Proceedings...** 2012. p. 43-58.

PATERNÒ, Fabio; MANCINI, Cristiano; MENICONI, Silvia. ConcurTaskTrees: a diagrammatic notation for specifying task models. In: HUMAN-COMPUTER interaction interact, 1, 1997, p. 362-369.

PINTO, George Pacheco. MDAONTO: **Uma abordagem MDA baseada em ontologia**. 2010. Dissertação (Mestrado). 2010. 95 f. Dissertação (Mestrado)- Sistemas e Computação. Universidade Salvador – UNIFACS, Salvador, 2010.

RAJPATHAK, Dnyanesh; MOTTA, Enrico. An Ontological Formalization of the Planning Task. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORMAL ONTOLOGIES IN INFORMATION SYSTEMS (FOIS'04), 2014, Torino, Italy. **Proceedings...** 2004. p. 305-316.

RUSSELL Stuart; NORVIG Peter. **Inteligência artificial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2013. 1016 p.

SANTOS, Cassiane Lima. **Criação de ontologias utilizando a metodologia léxico ampliada da linguagem**. 2005. 76 f. (Monografia) – Informática – Universidade Católica do Salvador – UCSAL, Salvador, 2005.

SCHMIDT, Daniela. **Ontologias para representação de tarefas colaborativas em sistemas multi-agentes**. 2015.112 f. Dissertação (Mestrado) – Ciência da Computação – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS, Porto Alegre, 2015.

SILVA, De Plácido e. **Vocabulário jurídico**. 31. ed. Rio de Janeiro: Forense. 2014. 1528 p.

SILVA, Viviane Torres. **Uma linguagem de modelagem para sistemas multi-agentes baseada em um framework conceitual para agentes e objetos**. 2004. 252 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Informática – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2004.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de software**. 8. ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2007. 849 p.

SOUZA, Jairo et al.. **Gestão de ontologias**. Relatórios Técnicos do DIA/UNIRIO. Rio de Janeiro: [s.n.], 2008. N0002/2008.65 p.

TRAN, Vuong Xuan; TSUJI, Hidekazu. OWL-T: An ontology-based task template language for modeling business processes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING RESEARCH, MANAGEMENT AND APPLICATIONS, 5., 2007. **Proceedings...** 2007. p. 101-108.

VAN WELIE, Martijn; VAN DER VEER, Gerrit C.; ELIËNS, Anton. An Ontology for Task World Models, In: DSV-IS98, 1998, Abingdon UK, Springer-Verlag, Wien. **Proceedings...** 1998. p. 3-5.

VEIGA, Ernesto Fonseca; BULCÃO-NETO, Renato. Uma abordagem ontológica aplicada ao gerenciamento de informação de redes de transporte coletivo. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INFORMATION SYSTEM, 11., 2015, Goiânia, **Anais ...** Goiânia, 2015. p.26-29.

VIEIRA, Vaninha. **CEManTIKA**: um framework independente de domínio para projetar sistemas sensíveis ao contexto. 2008. 164f. Tese (Doutorado) – Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, 2008.

WANG, Xin; CHAN, Christine. Ontology Modeling in UML. In: OOIS, 2001, Calgary, Canada. **Proceedings...** 2001, p. 59-68.

WOOLDRIDGE, Michael; JENNINGS, Nicholas R. Intelligent agents: theory and practice. **The knowledge engineering review**, v. 10, n. 2, p. 115-152, 1995.

ZONG-YONG, Li et al. Towards a Multiple Ontology Framework for Requirements Elicitation and Reuse. In: ANNUAL INTERNATIONAL COMPUTER SOFTWARE AND APPLICATIONS CONFERENCE (COMPSAC 2007), 31., 2007, Beijin, China. **Proceedings...** 2007. p. 189-195.

ANEXO A - CONCEITOS E FUNDAMENTOS DE UMA INVESTIGAÇÃO POLICIAL



IAUPE
INSTITUTO DE APERFEIÇOAMENTO
DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR

Módulo 08 - Disciplina da Segurança Penitenciária II

Disciplina: Investigação

CONCEITO

O termo "investigação" deriva dos vocábulos latinos *investigare* e *investigare*, que significam indagar com cuidado, seguir o rastro, perscrutar.

Entende-se por investigação, no sentido gramatical, a pesquisa de vestígios e indícios relativos a certos fatos para esclarecer ou descobrir alguma coisa (Fiácido e Silva, vocabulário jurídico, p. 451).

A investigação é um raciocínio que parte do conhecido para o desconhecido, voltado para trás no tempo. (Pocha, Luiz Carlos, Investigação Policial: Teoria e Prática, 2003).

Juridicamente, a investigação é um procedimento formado por um conjunto de atos investigados que visam a elucidar um fato obscuro. Quando a circunstância a ser declarada é uma possível prática delituosa, qualifica-se a investigação de "criminal".

FUNDAMENTOS DA INVESTIGAÇÃO

Jurídicos:

- a) A investigação é um conjunto de atos da administração pública. Atos administrativos que são orientados por princípios que dão legitimidade às práticas do investigador.
- b) Expressos na Constituição Federal (Art.5º), no Código de Processo Penal, onde nos Art. 6 ao 200, estão as normas de regulamentação operacional da investigação e ainda em Leis específicas como a Lei nº 9.034 de 3 de maio de 1995, que dispõe sobre a utilização de meios operacionais de algumas técnicas de investigação possíveis na coleta de provas contra organizações criminosas. A Lei nº 11.343 de 23 de agosto de 2006, na produção e tráfico ilícito de drogas etc.
- c) São inadmissíveis, no processo, as provas obtidas por meios ilícitos, pois o principal fator de movimentação da busca da prova do crime é a legalidade.
- d) O novo modelo de polícia e escolhido pela Constituição Federal de 1988 trocou a teoria de segurança pública de preservação da ordem, pela teoria de segurança pública como instrumento de defesa da cidadania. Portanto a investigação deverá se adequar a essa nova concepção.
- e) A investigação está além do ambiente da unidade de trabalho e tem a função de tutela dos direitos fundamentais do cidadão, portanto submetida ao controle e a princípios constitucionais.

Curso de Formação de Agentes Penitenciários
Módulo 08 - Disciplina da Segurança Penitenciária II
Disciplina: Investigação



IAUPE
INSTITUTO DE APERFEIÇOAMENTO
DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR

- f) O elemento de controle que permeia todo o processo da investigação, através do respeito à dignidade das pessoas, e a legalidade dos atos investigativos com a finalidade de garantir a validade de seu produto como prova no processo.

Científicos:

- a) A investigação é um processo científico, e, como toda investigação científica, parte de um problema, formula hipóteses e elabora uma conclusão, obedecendo a uma metodologia própria contida no Processo Penal e outras normas.
- b) A investigação busca conhecer a prova de um delito, de sua autoria e de como aconteceu (*modus operandi*). Esse conhecimento tem base em três elementos: a teoria, o método e a técnica, os quais dão característica ao método científico.
- c) O processo de investigação não é diferente. Há um problema (o fato), formulação de hipótese (crime? Homicídio?...), e uma conclusão (crime tal, praticado de determinada forma por determinada pessoa).
- d) Na investigação criminal, o problema é o fato posto diante do investigador como elemento do mundo jurídico e que requer uma definição das circunstâncias em que ocorreu. É o caso sob investigação.
- e) A investigação é um processo desenvolvido por vários profissionais, de forma complementar e interativa, sem que eles percam sua autonomia funcional, aplicando métodos e técnicas próprias, na busca de um só conhecimento, ou seja, à prova. Portanto o profissional de segurança pública no exercício funcional deverá estar sustentado em competências.

PROVA

Prova é a demonstração do fato e da autoria. Frederico Marques ensina que a demonstração dos fatos em que se assenta a acusação e daquilo que o réu alega em sua defesa é o que constitui a prova.

Na investigação, prova é a demonstração da verdade de um fato relacionado a um evento delituoso, e seu objeto é o sinal, documento, testemunho, instrumento, peça, acontecimento ou circunstância que serve para demonstrar alguma coisa.

Classificação da prova:

Objetiva (material) - são as que têm por objeto as coisas ou os bens exteriores.

Subjetiva (informativa) - São constituídas pelos depoimentos da vítima, da testemunha e do acusado.

Curso de Formação de Agentes Penitenciários
Módulo 08 - Disciplina da Segurança Penitenciária II
Disciplina: Investigação



Descrever locais: da direita para a esquerda, ou vice-versa; de dentro para fora; de cima para baixo; etc. Descrever pessoas: da cabeça para os pés.

2.2.2 – ENTREVISTA / INTERROGATÓRIO

Seu objetivo é obter informações sobre o fato objeto da investigação, por meio de testemunhas. Consiste numa lista de indagações em que o investigador procura colher as informações necessárias para a formulação ou confirmação de uma hipótese. É ferramenta fundamental na coleta de informações, na tentativa de responder às questões básicas da investigação: Quem? O quê? Quando? Onde? Por quê? Como?

Entrevistar pessoas suspeitas ou não é a atividade mais comum realizada pelo investigador policial.

Interrogatório

Entrevistar pessoas suspeitas ou não é a atividade mais comum realizada pelo investigador policial.

Questionamento sistemático do Alvo com finalidade de determinar seu real envolvimento em determinado fato criminoso. E acessar informações que, no mais das vezes, o Alvo não quer divulgar.

Tal como a entrevista, o interrogatório é uma conversação com objetivo pré-determinado. Entretanto, neste, em momento oportuno faremos uma impulsionação.

2.2.3 - CAMPANA OU VIGILÂNCIA

É a observação contínua e discreta de pessoas, ambientes, objetos ou circunstâncias, com o objetivo de obter dados que formem informações relacionadas com a prova do delito.

TIPOS DE VIGILÂNCIA

1. Quanto à natureza,
2. Quanto à descrição,
3. Quanto aos meios empregados

Quanto à natureza do órgão:

Policial – Aquela realizada por organismo de segurança executor da lei, contra indivíduo ou atividades ilegais como uma ameaça ao Estado ou à sociedade.

Inteligência – aquela realizada por organismo sem história de cobertura ideal, portanto sempre de forma encoberta.



Quanto à descrição relativa:

Estreita - aquela realizada de tal maneira que não se dá ao alvo qualquer oportunidade de iludir os vigilantes.

Discreta: aquela realizada de forma encoberta onde se emprega todo o esforço para evitar que o alvo perceba que está sendo observado.

Quanto aos meios empregados:

Móvel: aqui a realização a pé, por veículo ou a combinação deles.

Estacionária: aquela realizada por vigilantes escondidos num quarto ou num edifício do qual se pode observar a instalação-alvo.

Podem-se usar tanto homens como mulheres, que devem ter estatura média, porém com preparo físico suficiente para empreender uma caminhada, conhecimento completo da área de operação, detalhes específicos dos padrões de vizinhança e treinamento completo das técnicas de observar e descrever. Não deve ter qualquer característica física esquisita que venha chamar a atenção do investigado.

Antes de começar a missão, os vigilantes devem combinar os sinais visuais que utilizarão na vigância e sincronizar seus relógios.

2.2.4 - PESQUISA EM BANCOS DE DADOS

O avanço das tecnologias de armazenamento e recuperação de dados, principalmente por meio da informática, tem permitido à Polícia o acesso a bancos de dados importantes para a localização de pessoas, movimentação de dinheiro suspeito, descobrimento de ligações entre organizações e pessoas, recuperação de documentos, e outros dados que possam ser úteis à investigação ou que constituam prova da infração penal.

No Brasil existem programas estimulados pelo Governo Federal que já estão funcionando e facilitando a investigação, de modo a propiciar um cerco cada vez mais apertado aos criminosos, dentre eles temos o RENAVAN (Registro Nacional de Veículos Automotores), o RENARM (Registro Nacional de Armas) e o INFOSEG (Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública).

Todas se encontram em constante aperfeiçoamento, representando um reforço importante do País na luta contra o crime especialmente o crime organizado. Na esfera estadual, contamos ainda com o SIC (Sistema de Informação Carcerária), Antecedentes Criminais/Delegacia de Capturas/Cadastro Civil de Pessoas.



2.2.5 – FOTOGRAFIA

Durante a investigação, apresenta-se como de grande importância qualquer tipo de registro que se possa realizar acerca do que está sendo investigado. Configura-se, portanto, valiosamente o registro fotográfico, pois, num único documento (fotografia), pode-se descrever com precisão o estado das coisas ou de alguém naquele determinado momento.

2.2.6 - EXPLORAÇÃO DE LOCAL

O termo exploração de local se refere à busca minuciosa, sistemática e completa de um local. Este pode ser uma residência, um caminhão, um barco, um avião, ou qualquer outro utilizado por uma organização criminosa.

O termo também inclui o confisco ou coleta de provas de evidência criminal ou, na área de inteligência, para produzir informe.

A preservação por escrito dos detalhes da busca e da custódia das provas materiais ou da informação também são aspectos fundamentais da exploração de local.

2.2.7 - BUSCA PESSOAL

Busca pessoal é a revista, a procura, o exame cuidadoso que se realiza em pessoas com a finalidade de se encontrar vestígios ou objetos de interesse da Justiça, para fins de investigação policial e prova de infração penal, quando há fundadas suspeitas de que a pessoa esteja de posse ou de que oculte tais provas.

2.2.8 - RECRUTAMENTO DE INFORMANTE

Informante não é uma testemunha do evento, é alguém que tem informações complementares à investigação. É a consolidação do preceito constitucional do artigo 144, caput, da Constituição Federal, quando diz que a segurança pública é dever do Estado, direito, e responsabilidade de todos.

Informantes são pessoas que dão informações, que esclarecem fatos, movidas, quase sempre, por uma razão pessoal. É um importante apoio para o investigador.

Vários são os motivos que levam alguém a informar a polícia sobre a prática de delitos, entre eles: medo, vingança, validade, desejo de reparação, mercantilismo, altruísmo etc.

No recrutamento, o investigador terá de levar em consideração esses motivos para que possa explorá-lo de forma conveniente para a investigação. Em todos os setores da sociedade, o Agente Penitenciário participante de uma investigação poderá fazer recrutamento de informantes, pois são fontes de informação importantes.

2.2.9 - ESTÓRIA-COBERTURA

"Estória-cobertura" é um tipo de distorção utilizada pelos órgãos de segurança para justificar sua presença em determinado ambiente sem despertar suspeitas. É uma medida de proteção elaborada e executada de acordo com princípios de Segurança Operacional.

Utilizada para:

- Proteger o sigilo da ação policial
- Criar facilidades
- Proteger a identidade do órgão e do pessoal

Características da estória-cobertura superficial:

- Possibilita o planejamento mental quase imediato;
- Não resiste à investigação;
- Pouca durabilidade;
- Fácil execução;
- Não usar E.O's diferentes no mesmo ambiente operacional;
- No dia a dia da atividade operacional;
- Em situações inopinadas.

Procedimentos para execução da estória-cobertura

- Agir com naturalidade;
- Não saturar o alvo com dados;
- Acreditar na EC;
- Preocupar-se com a missão.



2.2.10 - PESQUISA DE VIDA PREGRESSA

A pesquisa da vida progressa dos atores envolvidos no caso investigado, ou seja, tanto a vida anterior do autor, como a da vítima devem ser esquadrihadas, pois pode ser importante para a definição da motivação do crime, inclusive, e não raramente, as próprias testemunhas podem apresentar a necessidade de terem sua existência analisada como forma de descobrir se existe algum interesse delas em desviar o rumo da investigação.

2.2.11 - RECONHECIMENTO

Reconhecimento é a Ação de busca realizada para obter dados sobre o ambiente operacional ou identificar visualmente uma pessoa. Normalmente é uma ação preparatória que subsidia o planejamento de uma operação de investigação. Destina-se a coletar subsídios para suprir a necessidade de conhecer o alvo e o ambiente operacional onde será desencadeada a operação.

Procedimentos a serem adotados para o RECON:

Identificar os dados básicos e específicos para a execução do RECON;

Identificar a importância do estabelecimento de finalidades na execução;

Realizar Reconhecimento Operacional com segurança.

2.2.11 - LOCAL DE CRIME

O Agente de Segurança Penitenciária é o profissional responsável pela segurança interna da Unidade prisional. É primeiro a tomar conhecimento quando algum crime é praticado, tomando as primeiras providências para sua elucidação e colaborando efetivamente na produção da prova;

O crime é como uma explosão, normalmente deixa marcas, vestígios ou fragmentos espalhados ao seu redor, alcançando certa área em torno do fato. Como na maioria dos casos, o criminoso costuma se afastar o mais rápido possível do palco do crime após cometê-lo, portanto, é comum deixar marcas de sua passagem e do ato praticado por ele. O local do crime tem relevância tal que se costuma dizer que ele é o templo da investigação, garantindo pelo menos 60% da elucidação do caso. É, nesse campo fértil de informações mudas, o investigador se debruçará para interpretar o *modus operandi*, coletar vestígios etc;

Cena de crime

É o local onde acontece o fato criminoso, mas, não se restringe tão somente ao lugar onde o resultado se verifica, e sim, a todos os lugares relacionados à sua prática (regiões penitenciárias, locais de compra de armas, etc.).



Classificação quanto ao espaço físico:

- Local mediato;
- Local imediato;
- Local relacionado.

Classificação quanto ao espaço de preservação:

- Local idôneo;
- Local inidôneo.

O que fazer num local de crime?

O isolamento e a preservação do local são medidas essenciais e garantidoras da integridade e da coleta de vestígios;

O único caso permissivo de acesso ao local imediato é a prestação de socorro à vítima (trajeto único de ida e volta).

Por que preservar o local de crime?

A importância da preservação do local de crime é garantir sua inviolabilidade, visando à coleta de vestígios que fornecerão os primeiros elementos para a investigação;

O Agente deve tomar as medidas para que o local fique inteiramente indestruível para o trabalho pericial. A importância dessa medida tem sido a responsável pelo grande número de casos esclarecidos, e sua não efetivação, por seu fracasso.

Princípios básicos da preservação do local de crime:

Reconhecimento do local no intuito de conhecer suas características físicas e a disposição das coisas;

Reflexão para captar daquele ambiente as primeiras impressões acerca do fato;

Decisão acerca do que fazer, quais as primeiras providências, dentre elas o isolamento e a preservação.

Qual a área a ser isolada?

Deve-se observar as rotas de entrada e saída para proceder ao isolamento, pois as rotas definirão a área de interesse da investigação. Não esquecer que a cena do crime não se restringe ao local imediato.



Depois da perícia (ótica do investigador):

Uma vez liberado pela perícia, cabe ainda manter o local íntegro, no intuito de realizar uma completa vamedura, a observação atenta a todos os detalhes, buscando interpretar a DINÂMICA DO CRIME, ou mesmo a descoberta de alguma evidência que tenha passado despercebida pela equipe pericial. O contato com a equipe de peritos é indispensável.

3. ANÁLISE DE DADOS:

Feita a coleta dos dados, o investigador deve concentrar sua atenção na análise e interpretação das informações formatadas:

Não basta um amontoado de dados, pois esses terão que ser transformados em informações, que, analisadas e interpretadas, transformar-se-ão em conhecimentos que serão validados ou não, como prova de um delito.

Portanto é preciso estabelecer o vínculo de cada informação com o fato em apuração e de cada uma com as demais, para se formar a rede que irá retratar o conteúdo detalhado de informações sobre a natureza do delito, as circunstâncias em que ocorreu e quem o praticou.

4. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório final registrará todo o processo de investigação, dando a ordem lógica e a cronológica, as hipóteses levantadas e comprovadas (linhas de investigação), como se deu a comprovação (verificação), toda a cadeia de evidências (a ordem lógica das provas), o resultado (a comprovação da prática do delito e a indicação de autoria) e a conclusão.

5. A INVESTIGAÇÃO NO AMBIENTE PRISIONAL

É importante reconhecer que o estado de direito não termina no portão da prisão. Por exemplo, uma pessoa que foi atacada em uma prisão tem tanto direito à proteção contida pela lei penal quanto alguém que é atacado em lugar público.

A prática em qualquer prisão, quando ocorre um ato criminoso grave, ou quando se acredita que tenha ocorrido um ato criminoso grave, deve ser o uso de um sistema de investigação semelhante ao usado na sociedade civil, igualmente aplicável no contexto prisional.

Um ataque no qual uma arma é usada ou no qual se quebra um osso ou membro de um prisionário, deve a polícia judiciária ser informada que investigue o caso como se o crime tivesse ocorrido fora da prisão.

Podem também acontecer um incidente que, no contexto prisional e considerado, é grave, não seja merecedor de uma investigação pela autoridade policial judiciária. Um exemplo seria quando ocorre um ataque no qual ninguém fica gravemente ferido.

O ASP deverá estar dotado de informação técnica que o habilite a adotar as primeiras providências de proteção e formatação da prova, delimitando e isolando potencialmente o ambiente repositório de vestígios de um crime, formulando as primeiras hipóteses para explicação do delito.



5.1 A investigação nos inquéritos policiais e no inquérito não policial

No art. 4º do CPP, dispositivo que inaugura a disciplina normativa do inquérito policial, a lei processual confere à polícia judiciária a atribuição para apurar a infração penal e sua autoria:

Art. 4º. A polícia judiciária será exercida pelas autoridades policiais no território de suas respectivas circunscrições e terá por fim a apuração das infrações penais e de sua autoria.

No mesmo dispositivo, porém, apenas que em seu parágrafo único, cuidou o CPP de assegurar idêntica atribuição a outras autoridades administrativas, a quem por lei seja cometida a mesma função:

Parágrafo único. A competência definida neste artigo não exclui a de autoridades administrativas, a quem por lei seja cometida a mesma função.

Disso decorre, em essência, que embora seja o inquérito policial o mais conhecido instrumento de investigação, ele não é o único destinado a cumprir essa finalidade. Tal consideração é ponto pacífico na doutrina há longa data. Conforme já anotara Espíndola Filho, "que o inquérito não é atribuição exclusiva da autoridade policial, é ponto assente, muito comuns sendo os inquéritos administrativos"^(*), (p.14 e 15)

Investigações de outras espécies, levadas a efeito em esferas distintas do ambiente policial, igualmente se habilitam a subsidiar a ulterior ação do Ministério Público, por exemplo, entre outras, as sindicâncias administrativas realizadas no âmbito da administração direta e indireta, quando aportadas pelo ministério público, podem receber a genérica designação de "notícia criminosa", ou mesmo, de peças de informação que veiculam informações sobre a prática, em tese, de uma infração penal.

Art. 5º. 3º. Qualquer pessoa do povo que tiver conhecimento da existência de infração penal em que crime seja o público poderá, verbalmente ou por escrito, comunicá-la a autoridade policial, e esta, verificada a procedência das informações, mandará instaurar inquérito.

Art. 27 do CPP, em pleno vigor: Qualquer pessoa do povo poderá provocar a iniciação do Inquérito Policial formulando, por escrito, informações sobre o crime e indicando o tempo, o lugar e os elementos de conexão." (p.37)

()p.81 "diligências investigativas" imprimidas pelos demais órgãos da administração (Poder Executivo)".*

5.2 Investigação das transgressões disciplinares de servidores

A Portaria SERS nº 365/2004, regula os procedimentos de apuração preliminar das transgressões disciplinares imputadas a servidores da Secretaria Estadual de Ressocialização.

Art.2º O titular da unidade de trabalho que primeiro tomar conhecimento da ocorrência disciplinar ouvidara de registrá-la em livro próprio (registro de ocorrências), fazendo constar: data, hora, local, nome(s) do(s) envolvidos, se conhecido(s), e das testemunhas, descrição do fato e suas circunstâncias.



Art.7º Quando a ocorrência disciplinar a ser apurada também constituir crime ou, se no curso da sindicância, ficarem constatados indícios de sua prática, a autoridade instauradora comunicará o fato à autoridade policial competente.

Art.10º No processamento da sindicância, observar-se-ão os seguintes procedimentos:
I – Ao iniciar os trabalhos apuratórios, os sindicantes lavrarão uma ata de instalação, onde será feita menção à Portaria instauradora, aos documentos e/ou objetos que a acompanharam...

V – A Comissão sindicante deverá proceder diligências e requisições das perícias necessárias ao esclarecimento do fato;

5.3 Investigação das faltas disciplinares de presos

Instrução Normativa de Serviço SEJUC nº 001/00 - Emenda: Instítui Conselho Disciplinar nas Unidades prisionais deste Estado e adota outras providências.

Considerando a necessidade de regulamentar os procedimentos inerentes à aplicação de penalidades a detentos(as) e ou a sentenciado(s/as), autores de infrações disciplinares;

Art.1º - Fica instituído CONSELHO DISCIPLINAR em todas as penitenciárias e presídios deste Estado, que detém competência para apurar e julgar faltas disciplinares praticadas por presos (as), em suas respectivas unidades carcerárias.

Art.2º - O Conselho Disciplinar será composto pelo (a) Diretor(a) e/ou Gerente Executivo(a) da Unidade prisional, como presidente, e por dois técnicos, indicados pelo (a) Gerente Executivo (a) de Serviços Técnicos, da Superintendência do Sistema Penitenciário, de preferência com exercício na respectiva unidade onde ocorreu o fato, sendo os trabalhos secretariados por servidor designado pelo presidente do dito Conselho.

Parágrafo Primeiro – O(a) autor(a) da prisão em flagrante do ilícito administrativo e o(a) Chefe de Segurança, em serviço no dia do fato, serão obrigatoriamente ouvidos pelo Conselho Disciplinar.

Art.25 - O descumprimento às normas aqui expressas, sujeita o(a) servidor(a) a disciplina da Lei 8.123, de 20 de julho de 1.988, e, quando cabível, a legislação civil e penal em vigor.

5.4 Investigação nas atividades de Inteligência Prisional
A Gerência de Inteligência e Segurança Operativa (GISO), da Secretaria Executiva de Ressocialização, foi criada pelo Decreto nº 26.881, de 08 de Maio de 2004, competindo-lhe especialmente, as ações de PLANEJAR, orientar e coordenar as Atividades de Inteligência no âmbito da SERES.



IDENTIFICAR, acompanhar e avaliar as ameaças reais ou potenciais ao sistema prisional e PRODUIZIR conhecimentos que subsidiem ações para neutralizá-las, coibi-las e reprimi-las, conforme a situação; integrar o Sistema de Inteligência da Secretaria de Defesa Social; RELACIONAR-SE e fazer intercâmbio com entidades congêneres estaduais ou federais; ASSessorAR a Secretaria Executiva de Ressocialização nos assuntos de sua competência.

O Decreto nº 30.847 de 01 de Outubro de 2007 em seu art. 1º define o Sistema Estadual de Inteligência de Segurança Pública como um conjunto de Agência de Inteligência voltado para o exercício permanente e sistemático de ações especializadas na produção e na salvaguarda de conhecimentos necessários para prevenir, prevenir e reprimir atos delituosos de qualquer natureza ou relativos a outros temas de interesse da segurança pública e da defesa social no estado de Pernambuco.

5.5 Escola Telefônica:

Escola telefônica pode ficar a cargo de órgão que não seja da polícia.

A Quarta Turma do Superior Tribunal de Justiça (STJ) considerou legais e sotas telefônicas realizadas, com ordem judicial, pela Coordenadoria de Inteligência do Sistema Penitenciário (Cispem), órgão da Secretaria de Administração Penitenciária do Estado do Rio de Janeiro.

A Operação Propina S/A, veio à tona em 2007, ao final de investigações baseadas em escutas telefônicas. Segundo a acusação, uma quadrilha de fiscais, empresários, contadores e outras pessoas tentam lesado a Fazenda pública do Rio em cerca de R\$ 1 bilhão. Os fiscais receberiam propina para acobertar irregularidades fiscais cometidas por várias empresas. Portanto, a investigação criminal muito embora seja missão específica de alguns profissionais da segurança pública, não abstrai a participação de cada uma das organizações que formam esse grande sistema chamado de Justiça criminal em que está incluída a segurança pública.

Cada um dos profissionais da segurança pública tem um papel importante no processo de busca da prova. A polícia judiciária, ainda que detentora institucional da missão de coleta das provas de um crime, depende da participação coesa de cada um dos profissionais do sistema de segurança pública, que envolve a Polícia Militar, O Corpo de Bombeiros Militar, os agentes do Sistema Penitenciário, a Guarda Municipal, os Agentes do serviço de trânsito. Essa importância é ressaltada com toda ênfase na cena do crime, que requer a presença de todo o sistema.

5.6 VIOLAÇÃO DOS REGULAMENTOS DA PRISÃO
As prisões são instituições fechadas nas quais grandes grupos de pessoas são mantidos contra sua vontade, em condições de reclusão. A realidade do cárcere em grande parte do nosso país é de unidades prisionais com superlotação de presos, enquanto o efetivo responsável pela segurança, em quantidade insuficiente.



Essa realidade vem favorecendo a violação das regras e dos regulamentos da prisão de várias formas, através do cometimento de infrações administrativas ou crimes previstos no Código Penal, praticadas por reeducandos, visitantes, advogados, prestadores de serviços e por membros das diversas categorias funcionais que ali atuam.

Exemplos:

Tipos de crimes praticados no ambiente prisional:
Tráfico de drogas/posse

Maconha, Crack, Cocaína, Psicotrópicos e Álcool

Mobilizações diversas:

Rebelião, Tumulto, Motim e Fuga/Tentativa

Contrabando/posse:

Facas industriais, Facas artesanais (chupos), Armas de fogo, Aparelhos celulares e Chips.

Outros

Agressões e crimes entre reeducandos

Ocorrências com visitantes de reeducandos / prestadores de serviço

Ocorrências envolvendo funcionários

Ocorrências na escola/custódia

Uso indevido de recursos computacionais:

Uso indevido de senhas (divulgação para outros, roubo, empréstimo)

Sabotagem (adulteração, apagamento de arquivos...).



BIBLIOGRAFIA

1. Feldens, Luciano. *Investigação Criminal e ação penal - 2.ed., rev., atual. e ampl. - Porto Alegre: Livraria do Advogado Ed., 2007.*
2. Tasse, Adel El. *Investigação preparatória - 3ª edição / Curitiba: Juruá, 2010*
3. Rocha, LC.(2003). *Investigação Policial. Teoria e Prática.* São Paulo, Edipro.
4. Espinola Filho, Eduardo. *Código de Processo Penal Brasileiro Anotado, v.1, no de Janeiro, Editora Rio, edição histórica, 1976, p. 248*
5. Machado, André Augusto Mendes. *Investigação criminal defensiva* São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2010.
6. Nunes, Adélido. *A realidade das prisões brasileiras - Recife: Nossa Livraria, 2006.*
7. Ministério da Justiça. *Revista do CNP CP Vol 1 - nº 18 - Jan a Jun/06, Brasília - DF*
8. Andrew Coyle. *Manual para servidores penitenciários*
Londres: Centre for Prison Studies, 2002.
9. Senasp. *Apostila curso investigação criminal 1 e 2, 2010*
10. SDS-PE. *Curso de formação profissional de escrivão de polícia, 2009.*

ANEXO B - QUESTIONÁRIO APLICADO A INVESTIGADORES POLICIAIS

O objetivo desta pesquisa é avaliar a viabilidade de utilização da ontologia de tarefa proposta, visando validar a utilização dos modelos estrutural e formal no domínio policial.

BLOCO 1: IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE

1. Titulação

- () Doutor
 () Mestre
 () Especialista
 () Graduado
 () Nível Médio

2. Tempo de atuação na prática investigativa policial

- () Menos de 1 ano
 () Entre 1 e 2 anos
 () Entre 3 e 5 anos
 () Mais de 5 anos

3. Cargo Atual

- () Investigador
 () Investigador Coordenador
 () Investigador Supervisor
 () Outro. Especifique _____

BLOCO 2: PARTICIPAÇÃO EM MODELAGEM DE DADOS

4. Participação em modelagem de dados

- () Sim () Não

5. Se a resposta a da questão 4 for sim, marque os áreas em que houve participação

- [] Policial
 [] Médica
 [] Educação
 [] Outra. Especifique _____

6. Acerca do seu nível de conhecimento sobre os temas: diagrama de classes, diagrama de atividades e ontologias, preencha o quadro abaixo utilizando os níveis de padronização a seguir:

Nível 0 – Não tenho conhecimento algum.

Nível 1 – Tenho pouco conhecimento.

Nível 2 – Tenho conhecimento intermediário.

Nível 3 – Tenho conhecimento avançado.

Tema	Nível
Diagramas de Classes	
Diagrama de Atividades	
Ontologias	

BLOCO 3: QUESTÕES SOBRE O MODELO ESTRUTURAL DA ONTOLOGIA DE TAREFA DE INVESTIGAÇÃO PARA USO DE AGENTES INTELIGENTES

7. Acerca do seu entendimento sobre os termos e relacionamentos da ontologia proposta, preencha o quadro abaixo utilizando os níveis de padronização a seguir:

Nível 0 – Não

Nível 1 – Sim parcialmente

Nível 2 – Sim totalmente

QUESTIONAMENTOS	NÍVEL	SUGESTÕES/COMENTÁRIOS
O modelo estrutural da ontologia proposta é entendível?		
Os termos utilizados no modelo estrutural da ontologia proposta são aplicados ao ambiente domínio policial?		
Os relacionamentos entre os termos, apresentados no modelo estrutural da ontologia proposta, são válidos?		
Alteraria o modelo estrutural da ontologia proposta, acrescentando ou excluindo alguma entidade (classe)?		

8. Você consegue aplicar os conceitos apresentados na ontologia a sua prática atual de trabalho?

() Sim, totalmente.

() Sim, a grande maioria.

() Sim, aproximadamente a metade deles.

() Sim, porém pouco deles.

() Não consigo.

BLOCO 4: QUESTÕES SOBRE O FLUXO DE CONTROLE DAS TAREFAS DE INVESTIGAÇÃO DEFINIDAS NA ONTOLOGIA PROPOSTA

9. Acerca das atividades do fluxo, preencha o quadro abaixo com os níveis de padronização a seguir:

Nível 0 – Não

Nível 1 – Sim

QUESTIONAMENTOS	NÍVEL	SUGESTÕES
O fluxo de controle das tarefas investigativas é entendível?		
Alteraria o fluxo de controle das tarefas investigativas apresentadas? Em caso positivo, informe alteração.		
Alteraria o fluxo de controle das subtarefas da tarefa <i>Planejar</i> ? Em caso positivo, informe alteração.		
Alteraria o fluxo de controle das subtarefas da tarefa <i>Coletar</i> ? Em caso positivo, informe alteração.		
Alteraria o fluxo de controle das subtarefas da tarefa <i>Analisar</i> ? Em caso positivo, informe alteração.		

10. Em linhas gerais, considera o fluxo adequado? Em caso negativo, informe as inconsistências verificadas por você.
