

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

Jordana Sarmenghi Salamon

**Uma Abordagem Orientada a Objetivos para
Desenvolvimento de Ontologias baseado em
Integração**

VITÓRIA
2018

Jordana Sarmenghi Salamon

Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Informática.

Orientador(a): Monalessa Perini Barcellos

Coorientador(a): Renata S. S. Guizzardi

VITÓRIA
2018

Jordana Sarmenghi Salamon

Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Monalessa Perini Barcellos, D. Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Orientadora

Prof. Renata Silva Souza Guizzardi, D. Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Coorientadora

Prof. Vitor Estêvão Silva Souza, D. Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Membro Interno

Prof. Fernanda Araujo Baião Amorim, D. Sc.
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Membro Externo

Vitória, 09 de julho de 2018

“Now I know
I’m breaking up with regretting with age
I made a decision
I will have unconditional trust
It’s time to be brave
I’m not afraid
Because I believe in myself
Because I’m different from before
I won’t cry on my path
I won’t hang my head low
That is the sky
And I’ll be flying there”
BTS – Outro:Wings

Em memória de Santo Sarmenghi

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado a vida, por me acompanhar durante toda a minha caminhada e por me permitir chegar até aqui.

Aos meus pais, Joaílso e Rosângela, por estarem presentes e pelo amor incondicional que sempre demonstraram. Por todos os abraços, colo, apoio e compreensão durante minha jornada.

À minha avó Maria e a toda a família, que à sua maneira me ajudaram a crescer e a me tornar a pessoa que sou hoje.

Ao meu amado Willian, pelo amor, companheirismo e apoio dispostos durante a realização de mais esse sonho. Obrigada por estar ao meu lado em todas as batalhas.

Às minhas orientadoras Monalessa e Renata, pela oportunidade de realizar esse projeto e pela dedicação a ele. Pela ideia, pela disponibilidade em auxiliar na sua construção, pelo vasto conhecimento transmitido e pela confiança depositada. À Monalessa, muito obrigada pelos anos de trabalho em conjunto e pela construção de uma frutífera relação de amizade, parceria e orientação.

À professora Rosane, por todo o apoio durante essa caminhada. Aos demais amigos pela presença, incentivo, e pelos necessários e extremamente bem-vindos momentos de distração quando precisei. Obrigada por sempre torcerem por mim.

Ao Cássio Reginato, por todo o auxílio, pelas inúmeras discussões e pela parceria na atividade de pesquisa.

Aos amigos e companheiros de NEMO, pela amizade e pelo ambiente de trabalho prazeroso que criamos juntos ao longo dos anos.

Aos integrantes do projeto FAPES-PPE-SDS, professores e bolsistas, pela grande oportunidade de aprendizado e crescimento profissional e por todo o conhecimento compartilhado e construído.

Aos professores Fernanda e Vitor, por terem se disponibilizado a ler e avaliar este trabalho e por suas valiosas contribuições.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a minha contínua formação e para a realização deste trabalho.

RESUMO

Reúso tem sido apontado como uma abordagem promissora para a Engenharia de Ontologias. Reutilização permite acelerar o processo de desenvolvimento, além de melhorar a qualidade das ontologias resultantes, uma vez que promove a aplicação de boas práticas. No âmbito da Engenharia de Ontologias, uma das formas de reúso envolve a integração de ontologias existentes. Integração de ontologias pode ser definida como a junção (integração) de ontologias fonte em uma ontologia integrada, na qual ainda podem ser acrescentados conceitos e relações além dos encontrados nas ontologias fontes. A integração depende de encontrar ontologias que satisfaçam os requisitos da ontologia a ser desenvolvida. Porém, muitas vezes, as ontologias disponíveis não têm seu *design rationale* explícito, o que dificulta o entendimento das ontologias fonte e, conseqüentemente, a integração entre elas. Explicitar o *design rationale* da ontologia a ser desenvolvida a partir da integração também é importante para auxiliar na busca por ontologias fonte que atendam os requisitos da ontologia integrada. Embora haja abordagens de desenvolvimento de ontologias que reconheçam a importância da integração nesse contexto e também haja abordagens que tratem especificamente do processo de integração, há carência de abordagens que guiem o engenheiro de ontologias em um processo de desenvolvimento de ontologias baseado em integração e que se preocupem em tornar explícito o *design rationale* da ontologia sendo construída. Modelagem de objetivos tem sido apontada como uma forma de apoiar o levantamento de requisitos de ontologias. Nesse sentido, a capacidade de os modelos de objetivos representarem aspectos motivacionais do desenvolvimento de ontologias pode ser explorada para explicitar o *design rationale* por trás de uma ontologia. Assim, neste trabalho é proposta *Integra*, uma abordagem orientada a objetivos para desenvolvimento de ontologias baseado em integração. Para avaliar *Integra*, ela foi utilizada em uma prova de conceito e em um estudo de caso.

Palavras-chave: Ontologia, Integração de Ontologias, Desenvolvimento de Ontologias, Modelagem de Objetivos.

ABSTRACT

Reuse has been pointed out as a promising approach for Ontology Engineering. Reuse allows speeding up the development process and improving the quality of the resulting ontologies, since it promotes the application of good practices. In the Ontology Engineering context, one of the forms of reuse involves the integration of existing ontologies. Ontology integration can be defined as the integration of source ontologies into an integrated ontology, to which concepts and relations beyond those found in the source ontologies can be added. Integration depends on finding ontologies that satisfy the requirements of the ontology being developed. However, often, the available ontologies do not explicit their design rationale, which makes it difficult to understand the source ontologies and, consequently, integrate them. Making explicit the design rationale of the ontology developed from integration is also important to assist in the search for source ontologies that meet the requirements of the integrated ontology. Although there are ontology development approaches that recognize the importance of integration in this context, and also approaches that deal specifically with the integration process, there is a lack of approaches that guide the ontology engineer in an integration-based ontology development process and that are concerned with the rationale of the ontology being developed. Goal modeling has been pointed out as a way to support ontology requirements elicitation. In this sense, the ability of goal models to represent motivational aspects of ontology development can be explored to make explicit the design rationale behind an ontology. Thus, this work proposes Integra, a goal-oriented approach for ontology development based on integration. In order to evaluate Integra, it was used in a proof of concept and in a case study.

Keywords: Ontology, Ontology Integration, Ontology Development, Goal Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Visão geral dos ciclos de <i>Design Science</i> neste trabalho.....	21
Figura 2.1 – Tipos de ontologias (GUARINO, 1998).....	24
Figura 2.2 – Pilha de Ontologias de (SCHERP <i>et al.</i> , 2011).	24
Figura 2.3 - Níveis de generalidade de ontologias (adaptado de (FALBO <i>et al.</i> , 2013)).....	25
Figura 2.4 – Principais atividades da engenharia de ontologias (adaptado de SIMPERL <i>et al.</i> , 2009)	26
Figura 2.5 – Visão geral de SABiO.....	27
Figura 2.6 – Integração de ontologias (PINTO <i>et al.</i> , 1999).....	31
Figura 2.7 – Ontologia resultante do processo de integração de quatro ontologias (PINTO <i>et al.</i> , 1999).....	31
Figura 2.8 – <i>Merge</i> de ontologias (PINTO <i>et al.</i> , 1999)	32
Figura 2.9 – A ontologia resultante do processo de <i>merging</i> (PINTO <i>et al.</i> , 1999).....	32
Figura 2.9 – Exemplos de ator, papel e agente.....	38
Figura 2.10 – Exemplo de perspectiva de ator.....	38
Figura 2.11 – Exemplo de elementos intencionais (Objetivo, Tarefa, Qualidade, Recurso, respectivamente).....	39
Figura 2.12 – Exemplo de dependências.....	39
Figura 2.13 – Exemplos de links de refinamento.....	42
Figura 2.14 – Exemplo de link de necessidade.....	42
Figura 2.15 – Exemplo de link de contribuição	43
Figura 2.16 – Exemplo de link de qualificação.....	43
Figura 2.17 – Exemplo de visão de Dependência Estratégica	44
Figura 3.1 - Processo de seleção de publicações.	50
Figura 3.2 – Ano e veículo das publicações.	53
Figura 3.3 – Princípio básico das abordagens.....	54

Figura 3.4 – Tipos das abordagens quanto à natureza	57
Figura 4.1 – Visão geral do processo de <i>Integra</i>	66
Figura 4.2 – Visão geral do Levantamento de Requisitos da Ontologia.....	66
Figura 4.3 – Subatividades de Modelagem de Objetivos.	67
Figura 4.4 – Exemplo de Modelo de Perspectiva de Atores para o domínio hospitalar.....	69
Figura 4.5 – Modelo (parcial) de Perspectiva de Atores para o domínio hospitalar com QC derivadas.....	71
Figura 4.6 – Atividades da fase Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas.	74
Figura 4.7 – Atividades da fase Integração de Ontologias.....	77
Figura 4.8 – Atividades de Avaliação da Ontologia Integrada.	85
Figura 4.9 – Subatividades de Avaliação Semântica.....	87
Figura 5.1 – Modelo da perspectiva do ator Ofertador.....	98
Figura 5.2 – Modelo da perspectiva do ator Engenheiro de ontologias	98
Figura 5.3 – Modelo de Dependência entre atores.	99
Figura 5.4 – Modelo de Perspectiva de Atores com QC derivadas.....	100
Figura 5.5 – Módulos da ontologia.....	101
Figura 5.6 – Fragmento da <i>Good Relations Ontology</i> após enriquecimento.....	103
Figura 5.7 – Fragmentos da <i>Time Ontology</i> após enriquecimento.....	104
Figura 5.8 – Diagrama OntoUML da subontologia Offering.	106
Figura 5.9 – Diagrama OntoUML da subontologia Offering Item.....	107
Figura 5.10 – Diagrama OntoUML da subontologia Entity Roles.....	107
Tabela 5.8 –Fragmentos de Modelos associados a Objetivos	111
Figura 5.11 – Formulário de Feedback utilizado no estudo de caso.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Ligações entre elementos intencionais	40
Tabela 3.1 – Questões de Pesquisa do Mapeamento Sistemático.	46
Tabela 3.2 – Publicações selecionadas.	50
Tabela 3.3 – Abordagens de Integração encontradas.	52
Tabela 3.4 – Passos das abordagens.	54
Tabela 3.5 – Abordagens de integração de ontologias	55
Tabela 3.6 – Relacionamento entre abordagens de integração e métodos de engenharia de ontologias	56
Tabela 3.7 – Relacionamentos semânticos endereçados pelas abordagens de integração. ...	57
Tabela 4.1 – Questões de Competência derivadas do modelo da Figura 4.5	71
Tabela 4.2 – Tipos de Relacionamentos Semânticos entre Conceitos	78
Tabela 4.3 – Relacionamentos Semânticos entre Relações	79
Tabela 4.4 – Tabela para registro de mapeamentos	81
Tabela 4.5 – Tabela para registro de verificação da competência da ontologia	87
Tabela 4.6 – Tabela para validação por instanciação	88
Tabela 4.7 - Atividades presentes nos processos propostos nas abordagens	90
Tabela 4.8 – Sumarização dos aspectos analisados nas abordagens	94
Tabela 5.1 – Questões de Competência derivadas do modelo da Figura 5.4	100
Tabela 5.2 – Descrição dos módulos da ontologia	102
Tabela 5.3 – Ontologias Candidatas	102
Tabela 5.4 – Ontologias Selecionadas	103
Tabela 5.5 – Mapeamentos identificados	105
Tabela 5.6 – Verificação da Ontologia	108
Tabela 5.7 – Tabela de Instanciação da Ontologia	109
Tabela 5.8 – Fragmentos de Modelos associados a Objetivos	111
Tabela 6.1 – Objetivos específicos do trabalho	120

SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução	16
1.1 Contexto.....	16
1.2 Motivação.....	18
1.3 Objetivos da Pesquisa	19
1.4 Método de Pesquisa.....	19
1.5 Organização da Dissertação	21
Capítulo 2 Fundamentação Teórica	23
2.1. Ontologias.....	23
2.2. Engenharia de Ontologias	25
2.2.1. SABiO.....	26
2.2.2. NeOn.....	28
2.3. Integração de Ontologias.....	29
2.3.1. Métodos para Integração de Ontologias	33
2.4. Modelagem de Objetivos.....	35
2.4.1. iStar	37
2.4.1.1. Atores	37
2.4.1.2. Elementos Intencionais	38
2.4.1.3. Dependências sociais.....	39
2.4.1.4. Relações entre elementos intencionais	40
2.4.1.5. Visões de modelos.....	43
2.5. Considerações Finais do Capítulo	44
Capítulo 3 Integração de Ontologias: Mapeamento Sistemático	45
3.1 Visão Geral do Estudo.....	45
3.2 Protocolo de Pesquisa.....	46
3.3 Execução do Estudo e Síntese dos Dados.....	49
3.4 Discussões.....	58
3.5 Limitações do Estudo	60
3.6 Considerações Finais do Capítulo	62
Capítulo 4 Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração	63

4.1	Introdução	63
4.2	<i>Integra</i> : Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração	65
4.2.1.	Levantamento de Requisitos da Ontologia	66
4.2.1.1.	Modelagem de Objetivos	67
4.2.1.2.	Derivação de Questões de Competência.....	70
4.2.1.3.	Modularização da Ontologia	72
4.2.2.	Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas	74
4.2.2.1.	Identificação das Ontologias Candidatas para Integração	74
4.2.2.2.	Seleção das Ontologias para Integração	75
4.2.2.3.	Enriquecimento das Ontologias a Serem Integradas.....	76
4.2.3.	Integração das Ontologias	76
4.2.3.1.	Identificação dos Mapeamentos entre as Ontologias	77
4.2.3.2.	Aplicação de Operações de Integração.....	81
4.2.3.3.	Desenvolvimento do Modelo Integrado da Ontologia	84
4.2.4.	Avaliação da Ontologia Integrada	85
4.2.4.1.	Avaliação Estrutural	86
4.2.4.2.	Avaliação Semântica	86
4.2.5.	Design.....	88
4.2.6.	Implementação.....	89
4.2.7.	Teste.....	89
4.3	Discussão sobre Trabalhos Correlatos	89
4.4	Considerações Finais do Capítulo	94
Capítulo 5 Avaliação da Abordagem Proposta		96
5.1	Introdução	96
5.2	Prova de Conceito	96
5.2.1	Levantamento de Requisitos da Ontologia.....	97
5.3	Estudo de Caso	111
5.3.1	Planejamento do Estudo	111
5.3.2	Execução do Estudo	114
5.3.3	Análise dos Resultados	115
5.3.4	Ameaças à Validade do Estudo	116
5.4	Considerações Finais.....	117

Capítulo 6 Conclusão	119
Referências Bibliográficas.....	124
Apêndice A Modelo de Documento de Especificação da Ontologia Integrada	131
Apêndice B Formulários Utilizados no Estudo Experimental.....	135
B.1 Termo de Consentimento.....	135
B.2 Formulário de Perfil.....	136
B.3 Formulário de Avaliação	137
Anexo A Formulários utilizados no Estudo de Caso e Documentação da Ontologia Resultante.....	138

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta o contexto, motivação e objetivos do trabalho, bem como o método de pesquisa adotado e a organização do texto desta dissertação.

1.1 Contexto

No âmbito da Computação, em áreas como Inteligência Artificial, Engenharia de Software e Web Semântica, uma ontologia é um artefato que descreve certa realidade, segundo algum propósito. Como qualquer artefato, ontologias têm um ciclo de vida: elas são projetadas, implementadas, avaliadas, alteradas, reutilizadas etc. (GANGEMI; PRESUTTI, 2009).

O desenvolvimento de ontologias não é uma tarefa trivial e mesmo especialistas enfrentam dificuldades. Embora haja diversas ferramentas para auxiliar nas atividades de Engenharia de Ontologias, muitas dificuldades ainda persistem. Uma prática que pode contribuir para o desenvolvimento de ontologias é o reúso, uma vez que fragmentos de ontologias previamente desenvolvidas podem ser reutilizados na construção de novas (FALBO *et al.*, 2013). A adoção de reúso na engenharia de ontologias permite acelerar o processo de desenvolvimento, economizando tempo e custos, além de melhorar a qualidade das ontologias resultantes, uma vez que promove a aplicação de boas práticas (POVEDA-VILLALÓN *et al.*, 2010). No entanto, engenheiros de ontologias ainda enfrentam dificuldades para selecionar as ontologias (ou fragmentos) mais adequados para reúso e integrar as diversas ontologias em uma nova ontologia (PARK *et al.*, 2011).

Na literatura há diversas definições para integração de ontologias. Em resumo, integração de ontologias pode ser definida como o processo de integrar duas ou mais ontologias (fonte) para construir uma nova ontologia (integrada) (VERGARA *et al.*, 2003). Durante o processo de integração, pode ser necessário refinar as ontologias fonte antes de integrá-las. Além disso, novos conceitos e relações podem ser acrescentados à ontologia integrada para que seja possível atender seus requisitos.

A integração depende de encontrar e reutilizar ontologias (ou fragmentos) capazes de satisfazer os requisitos da nova ontologia. Dessa forma, a busca por ontologias candidatas para a integração deve considerar o alinhamento entre o escopo dessas ontologias e o escopo da nova ontologia.

Uma das formas de se definir o escopo de uma ontologia é descrever seus requisitos por meio de questões de competência. Questões de competência auxiliam a definir o que é e o que não

é relevante para a ontologia (i.e., seu escopo) e podem ser usadas como base para sua avaliação (FALBO, 2014). No entanto, embora questões de competência sejam efetivas para representar o escopo de uma ontologia, elas não fornecem o *rationale* que está por trás do desenvolvimento da ontologia. *Design rationale*, em sua forma mais simples, é a listagem explícita das decisões tomadas durante um processo de design e as razões pelas quais essas decisões foram tomadas (JARCZYK *et al.*, 1992). Aqui, *design rationale* diz respeito ao raciocínio e motivações para se desenvolver uma ontologia da forma que ela foi desenvolvida.

Abordagens de Engenharia de Requisitos Orientada a Objetivos (*Goal-Oriented Requirements Engineering* - GORE) podem ser utilizadas para enriquecer o levantamento de requisitos no processo de engenharia de ontologias (FERNANDES; *et al.*, 2011). GORE preocupa-se com o uso de objetivos para elicitación, elaboração, estruturação, especificação, análise, negociação, documentação e modificação de requisitos (VAN LAMSWEERDE, 2001). A incorporação de representações explícitas de objetivos em modelos de requisitos provê um critério para completude de requisitos, isto é, os requisitos podem ser julgados como completos se eles são suficientes para atingir os objetivos que eles refinam (LIU; YU, 2004). No âmbito da engenharia de ontologias, modelos de objetivos, que são produzidos quando se adota GORE, podem ser utilizados como ponto de partida para a definição de questões de competência (FERNANDES *et al.*, 2011), ou seja, para a definição dos requisitos de uma ontologia e, conseqüentemente, seu escopo. Nesse contexto, os modelos de objetivos podem ser úteis para o entendimento do *design rationale*, uma vez que indicam as motivações para o desenvolvimento da ontologia da forma como será desenvolvida.

A obscuridade do *design rationale* na maioria das ontologias tem se mostrado um desafio à integração de ontologias (GANGEMI; PRESUTTI, 2009), pois dificulta a identificação das ontologias a serem reutilizadas, bem como o entendimento acerca dessas ontologias, o que é crucial para que elas possam ser adequadamente integradas.

Na literatura há diversas abordagens que tratam da integração de ontologias. A maioria delas, tais como ((MIYOUNG *et al.*, 2006), (HEER *et al.*, 2009), (JUÁREZ *et al.*, 2011)), trata o processo de integração isoladamente, sem considerá-lo parte do processo de desenvolvimento de ontologias. Em outras palavras, tem havido mais preocupação em resolver o problema de integração em si (dadas duas ontologias, como integrá-las) do que em resolver o problema de usar integração como uma etapa a ser realizada no processo de desenvolvimento de ontologias (diante da necessidade de se desenvolver uma ontologia, como usar a integração para desenvolvê-la).

Sendo uma tarefa não trivial, o uso de integração no processo de desenvolvimento de ontologias não deve ser realizado de maneira *ad-hoc*. Além disso, para facilitar o reúso de ontologias, é importante tornar explícito o *design rationale* das ontologias. Nesse sentido, uma abordagem que

auxilie os engenheiros de ontologias a tornarem explícito o *design rationale* das ontologias desenvolvidas e o oriente sobre os passos a serem realizados para desenvolver ontologias utilizando-se a integração nesse processo pode ser benéfica.

1.2 Motivação

Integração de ontologias é um problema vital em engenharia de ontologias para compartilhamento e reúso de conhecimento (VAN NGUYEN; HOANG, 2016). A grande disponibilidade de informações e modelos de conhecimento formalizados por ontologias tem exigido métodos efetivos e eficientes de reutilização e integração de tais modelos em conceituações globais de um domínio específico ou domínio de aplicação (CALDAROLA *et al.*, 2015).

Integração de ontologias vem sendo objeto de pesquisa há algum tempo (BLOMQVIST; ÖHGREN, 2008) sendo algumas vezes tratado de forma mais específica e, outras, como parte de um processo mais amplo de desenvolvimento de ontologias. Conforme dito anteriormente, há predomínio do primeiro caso, que inclui trabalhos que tratam de questões como operações de integração, heurísticas para integração, análise de distância semântica entre conceitos, entre outras.

Embora questões mais específicas, relacionadas ao ato de integrar em si, sejam relevantes, também é importante tratar a integração em um contexto mais amplo do desenvolvimento de ontologias. Nesse contexto, integração deve ser entendida não como um fim, mas como um meio para alcançar um propósito. A motivação para integrar ontologias deve se originar na necessidade de se tratar um escopo que não é tratado por alguma ontologia existente, mas que pode ser tratado se ontologias existentes forem integradas em uma nova. Nesse sentido, o escopo a ser tratado pela nova ontologia deve ser definido antes de se buscar ontologias candidatas à reutilização e ele deve ser utilizado como base para selecionar, dentre as ontologias candidatas, quais serão integradas.

Embora algumas abordagens de desenvolvimento de ontologias propostas na literatura, tais como SABiO (FALBO, 2014) e NeOn (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012), reconheçam a importância de atividades de integração e as incluam no âmbito da construção de ontologias, e outras, como, por exemplo, a proposta em (PINTO; MARTINS, 2001), definam atividades para o processo de integração, há, ainda, algumas questões a tratar, destacando-se:

- (i) Mesmo reconhecendo-se que a integração é parte de um processo mais amplo de desenvolvimento de ontologias, há carência de abordagens que guiem o engenheiro de ontologias nos passos que devem ser realizados para conduzir, do início ao fim, um desenvolvimento de ontologias baseado em integração; e
- (ii) Há falta de preocupação em explicitar o *design rationale* das ontologias a serem reutilizadas, bem como o da ontologia integrada.

A necessidade de um processo de desenvolvimento de ontologias com foco em integração de ontologias e que torne explícito o *design rationale* das ontologias revela uma oportunidade de pesquisa. Além disso, o uso bem-sucedido de modelagem de objetivos na engenharia de ontologias (FERNANDES *et al.*, 2011) (SALAMON *et al.*, 2017) para apoiar o levantamento de requisitos de ontologias e a capacidade que os modelos de objetivos têm de mostrar aspectos motivacionais no desenvolvimento de uma ontologia, apontam para a possibilidade de se explorar o uso de modelos de objetivos como forma de explicitar o *design rationale* de ontologias. Considerando-se essas percepções de oportunidades de pesquisa, neste trabalho explorou-se o uso de modelos de objetivos em um processo de desenvolvimento de ontologias baseado em integração.

1.3 Objetivos da Pesquisa

Este trabalho tem como **objetivo geral** *definir uma abordagem sistemática para o desenvolvimento de ontologias a partir da integração de ontologias*. Esse objetivo geral pode ser detalhado nos seguintes **objetivos específicos**:

- (i) Investigar o estado da arte sobre integração de ontologias;
- (ii) Investigar o uso de modelagem de objetivos no contexto da engenharia de ontologias;
- (iii) Definir uma abordagem de desenvolvimento de ontologias baseado em integração de ontologias e orientada a objetivos.

1.4 Método de Pesquisa

O método de pesquisa adotado neste trabalho seguiu o paradigma *Design Science Research* (HEVNER *et al.*, 2004). De acordo com Hevner (2007), o paradigma *Design Science* considera três ciclos de atividades intimamente relacionados: Relevância, Design e Rigor.

O *Ciclo de Relevância* inicia a pesquisa e nele são definidos os problemas a serem abordados, os requisitos da pesquisa e os critérios para avaliar os resultados (HEVNER, 2007). O problema abordado neste trabalho refere-se à dificuldade dos engenheiros de ontologias em desenvolver ontologias a partir do reuso e integração de outras. Com o objetivo de compreender o estado da arte sobre integração de ontologias, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura. Os resultados da investigação da literatura levaram a algumas percepções, dentre elas: (i) falta de alinhamento entre métodos de integração e abordagens de desenvolvimento de ontologias; (ii) pouca preocupação com assistência à seleção das ontologias a serem integradas; (iii) falta de definição de objetivos para guiar a integração de ontologias. Também foi realizado um estudo exploratório sobre o uso de modelagem de objetivos na engenharia de ontologias (SALAMON *et al.*, 2017). Esse estudo apontou que o uso de modelagem de objetivos é uma forma de prover melhor entendimento do *design rationale* de

ontologias, podendo trazer benefícios ao reuso de ontologias. Considerando-se o problema identificado, as lacunas percebidas a partir do mapeamento sistemático, os benefícios reportados na literatura sobre o uso de modelagem de objetivos no apoio à engenharia de ontologias e os resultados do estudo exploratório, decidiu-se propor uma abordagem sistemática para o desenvolvimento de ontologias baseado em integração e orientado a objetivos. Em relação aos critérios para avaliação dos resultados, definiu-se que deveriam ser consideradas a viabilidade de uso e a utilidade da abordagem proposta.

O *Ciclo de Design* refere-se ao desenvolvimento e avaliação de artefatos ou teorias para resolver os problemas identificados (HEVNER, 2007). Conforme mencionado anteriormente, o problema que motivou este trabalho foi a dificuldade para desenvolver ontologias a partir de integração e, para tratá-lo, propõe-se o desenvolvimento de uma abordagem sistemática para desenvolvimento de ontologias baseado em integração e orientado a objetivos. Assim, para alcançar o objetivo deste trabalho, foi desenvolvida a abordagem *Integra*. A abordagem foi avaliada por meio de uma prova de conceito e um estudo de caso.

Finalmente, o *Ciclo de Rigor* refere-se ao uso e geração de conhecimento. O rigor é alcançado através da aplicação adequada de fundamentos e metodologias existentes (HEVNER *et al.*, 2004). Uma base de conhecimento é usada para fundamentar a pesquisa e o conhecimento gerado pela pesquisa contribui para o crescimento dessa base (HEVNER, 2007). Neste trabalho, os principais fundamentos utilizados são conhecimentos relacionados a estudos secundários (mapeamento sistemático da literatura), ontologias, integração de ontologias, modelagem de objetivos, engenharia de ontologias e métodos de avaliação (particularmente, estudo de caso). Como contribuições para a base de conhecimento destacam-se: (i) *Integra*, uma abordagem para desenvolvimento de ontologias baseado em integração e orientada a objetivos, que pode ser utilizada por engenheiros de ontologias para desenvolver ontologias reutilizando ontologias previamente desenvolvidas; (ii) o mapeamento sistemático da literatura, que consolida informações sobre abordagens de integração de ontologias no âmbito conceitual, fornecendo um panorama do tópico de pesquisa e indicando possíveis pesquisas futuras; (iii) estudo exploratório que investigou o uso de modelagem de objetivos no âmbito da engenharia de ontologias; e (iv) exemplos de aplicação de *Integra*, produzidos na prova de conceito e no estudo de caso, que podem ser úteis para engenheiros de ontologia utilizarem *Integra*.

A Figura 1.1 resume as principais informações relacionadas aos ciclos de *Design Science* nesta pesquisa. Como mostra a figura, as atividades realizadas no Ciclo de *Design* consideram o Ciclo de Relevância (por exemplo, a abordagem deve satisfazer os requisitos estabelecidos) e o Ciclo de Rigor (por exemplo, o desenvolvimento da abordagem deve estar fundamentado em teorias e métodos científicos).

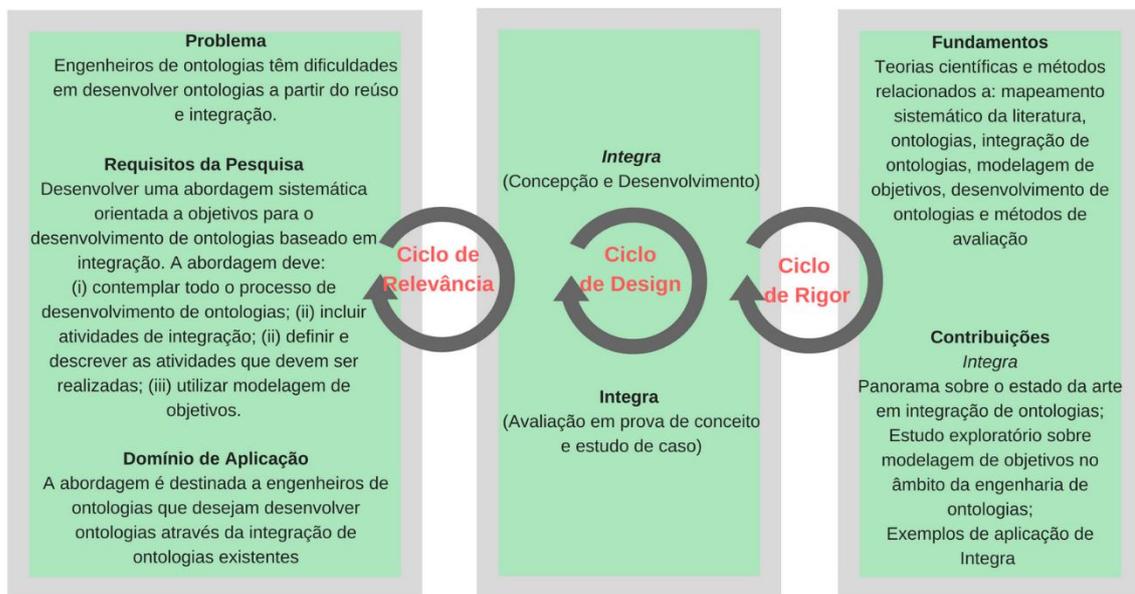


Figura 1.1 – Visão geral dos ciclos de *Design Science* neste trabalho.

1.5 Organização da Dissertação

Neste capítulo inicial foram apresentadas as principais ideias desta dissertação, descrevendo o contexto de aplicação, motivação, objetivos e método de pesquisa. Além deste capítulo de introdução, este texto é composto pelos seguintes capítulos e apêndices:

- **Capítulo 2 (Fundamentação Teórica):** apresenta aspectos teóricos relacionados a ontologias, desenvolvimento de ontologias, integração de ontologias e modelagem de objetivos, relevantes a este trabalho.
- **Capítulo 3 (Integração de Ontologias: Mapeamento Sistemático):** apresenta os principais resultados de um mapeamento sistemático que investigou a literatura para analisar o estado da arte acerca de integração de ontologias.
- **Capítulo 4 (Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração):** apresenta *Integra*, a abordagem proposta neste trabalho para apoiar o desenvolvimento de ontologias baseado em integração.
- **Capítulo 5 (Avaliação da Abordagem Proposta):** apresenta os resultados da aplicação da abordagem em uma prova de conceito e em um estudo de caso.
- **Capítulo 6 (Considerações Finais e Perspectivas Futuras):** apresenta as considerações finais do trabalho, as contribuições e propostas de trabalhos futuros para continuidade e aprimoramento do trabalho.

- **Apêndice A (Modelo de Documento de Especificação da Ontologia Integrada):** apresenta um modelo de documento a ser utilizado para a documentação da ontologia integrada produzida durante o processo de desenvolvimento
- **Apêndice B (Formulários Utilizados no Estudo Experimental):** apresenta os formulários utilizados no estudo de caso.
- **Anexo A (Formulários utilizados no Estudo de Caso e Documentação da Ontologia Resultante):** apresenta as respostas dos formulários utilizados no estudo de caso e o documento de especificação da ontologia produzida.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos relacionados à fundamentação teórica do trabalho. O capítulo encontra-se assim organizado: a seção 2.1 apresenta uma introdução sobre ontologias; a seção 2.2 aborda engenharia de ontologias, a seção 2.3 trata integração de ontologias; a seção 2.4 aborda modelagem de objetivos; e a seção 2.5 apresenta as considerações finais do capítulo.

2.1. Ontologias

Uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada (GRUBER, 1993). Para a comunidade de representação do conhecimento, “conceituação” se refere a um modelo abstrato de um fenômeno que identifica os conceitos relevantes desse fenômeno; “explícita” significa que os tipos de conceitos utilizados e as restrições impostas ao seu uso são definidas explicitamente; “formal” se refere ao fato de que uma ontologia deve ser passível de ser interpretada por máquinas; “compartilhada” reflete que ontologias devem capturar conhecimento consensual aceito por uma comunidade (DING, 2001).

Existem diversas classificações de ontologias na literatura. Uma das mais conhecidas foi proposta por (GUARINO, 1998), que distingue ontologias de acordo com seu nível de generalidade. *Ontologias de Fundamentação* descrevem conceitos muito gerais, como espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação, etc., que são independentes de um problema ou domínio particular. *Ontologias de Domínio* e *Ontologias de Tarefa* descrevem, respectivamente, o vocabulário relacionado a um domínio genérico (como medicina ou automóveis) ou uma tarefa ou atividade genérica (como diagnóstico ou vendas), por especialização dos termos introduzidos na ontologia de fundamentação. *Ontologias de Aplicação* descrevem conceitos dependentes ao mesmo tempo de um domínio particular e uma tarefa, as quais são frequentemente especializações de ambas ontologias relacionadas. Esses conceitos frequentemente correspondem a papéis desempenhados por entidades de domínio durante a execução de uma certa atividade, como unidade substituível ou componente sobressalente (GUARINO, 1998). A Figura 2.1 demonstra a hierarquia de ontologias segundo essa concepção.

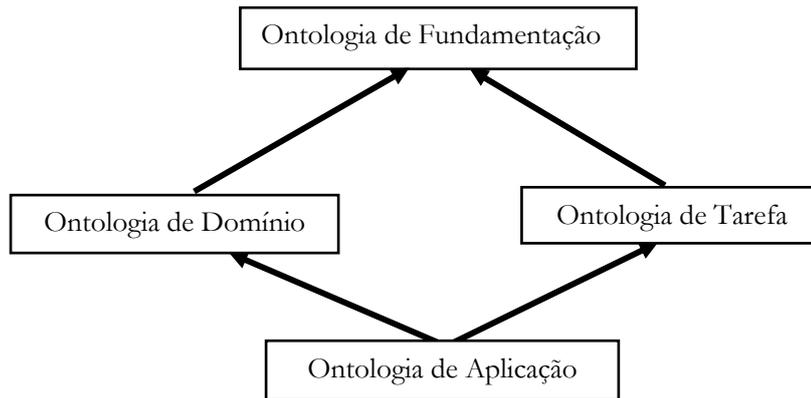


Figura 2.1 – Tipos de ontologias (GUARINO, 1998).

Scherp *et al.* (2011) propõem uma classificação semelhante a de Guarino (1998), porém adicionando um nível entre ontologias de fundamentação e ontologias de domínio, chamado de ontologias de núcleo (*core ontologies*). Uma ontologia de núcleo fornece uma definição precisa do conhecimento estrutural em uma área específica que cobre diferentes domínios de aplicação. São construídas baseadas em ontologias de fundamentação e representam um refinamento dessas, adicionando conceitos e relações específicos da área considerada (SCHERP *et al.*, 2011). A Figura 2.2 demonstra a hierarquia de ontologias proposta.



Figura 2.2 – Pilha de Ontologias de (SCHERP *et al.*, 2011).

Guizzardi (2007) faz uma importante distinção entre ontologias como modelos conceituais, conhecidas como *ontologias de referência*, e ontologias como artefatos de codificação, chamadas de *ontologias operacionais*. Uma ontologia de referência é construída com o objetivo de fazer a melhor descrição possível do domínio na realidade. É um tipo especial de modelo conceitual, um artefato de engenharia com o requisito adicional de representar um modelo de consenso dentro de uma comunidade. Por outro lado, uma vez que os usuários já tenham acordado uma concepção comum, as versões operacionais de uma ontologia de referência podem ser criadas. Ao contrário das ontologias de referência, ontologias operacionais são projetadas com o foco na garantia de propriedades computacionais desejáveis (FALBO *et al.*, 2013).

Falbo *et al.* (2013) argumentam que na classificação de Scherp *et al.* (2011), a variação de generalidade entre as ontologias pode ser vista como um espectro contínuo, variando entre ontologias de fundamentação puras até ontologias de domínio. Desse modo, pode haver diferentes níveis de generalidade nas ontologias dentro do modelo que estão classificadas. A Figura 2.3 ilustra essa visão do espectro contínuo.

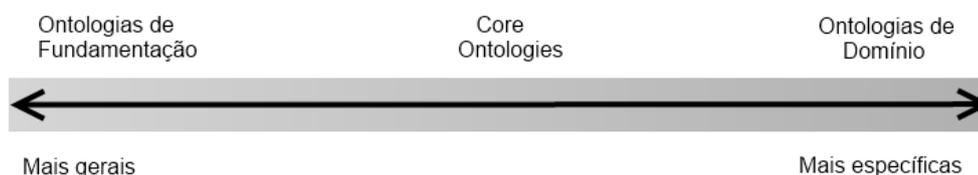


Figura 2.3 - Níveis de generalidade de ontologias (adaptado de (FALBO *et al.*, 2013)).

2.2. Engenharia de Ontologias

A engenharia de ontologias é formalmente definida como o conjunto de atividades que dizem respeito ao processo de desenvolvimento de ontologias, ao ciclo de vida de ontologias e aos métodos, ferramentas e linguagens para a construção de ontologias (GÓMEZ-PÉREZ *et al.*, 2004). Métodos de engenharia de ontologia fornecem diretrizes para o desenvolvimento, gerenciamento e manutenção de ontologias. Tais métodos decompõem o processo de engenharia de ontologias em várias etapas e recomendam atividades e tarefas a serem executadas para cada uma delas.

Ortogonalmente, em (GÓMEZ-PÉREZ *et al.*, 2004), os autores diferenciam três tipos de atividades em processos de engenharia de ontologias: atividades de gerenciamento, desenvolvimento e suporte. O primeiro abrange a configuração organizacional do processo geral. Em particular, no momento do pré-desenvolvimento, um estudo de viabilidade examina se uma aplicação baseada em ontologias ou o uso de uma ontologia em um determinado contexto é o caminho certo para resolver o problema em questão. O segundo tipo de atividades refere-se a atividades clássicas do desenvolvimento, como análise de domínio, conceituação e implementação, mas também manutenção e uso, que são realizadas no tempo de pós-desenvolvimento. Atividades de apoio à ontologia, como aquisição de conhecimento, avaliação, reutilização e documentação, são realizadas em paralelo às atividades de desenvolvimento. A Figura 2.4 apresenta as atividades descritas acima.

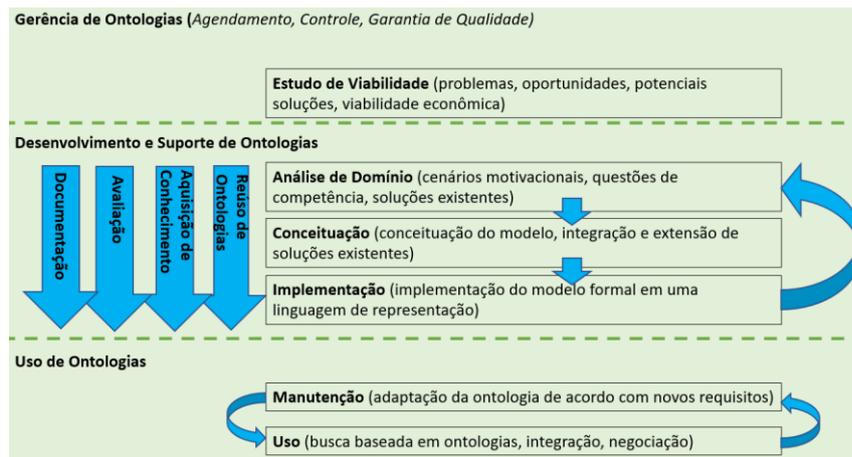


Figura 2.4 – Principais atividades da engenharia de ontologias (adaptado de SIMPERL *et al.*, 2009)

Além das atividades, os métodos também definem os papéis dos indivíduos e organizações envolvidos no desenvolvimento de ontologias. Eles normalmente distinguem entre especialistas de domínio, que fornecem conhecimento a respeito do domínio a ser modelado, engenheiros de ontologia, com experiência em campos como representação de conhecimento e ferramentas de desenvolvimento, e usuários que aplicam a ontologia para uma finalidade específica. A seguir, são apresentados dois métodos de engenharia de ontologias utilizados atualmente.

2.2.1. SABiO

SABiO (FALBO, 2014), *Systematic Approach for Building Ontologies*, é um abordagem concebida para apoiar o desenvolvimento de ontologias de domínio. O processo de desenvolvimento de SABiO compreende cinco fases principais: (i) Identificação do propósito e elicitação de requisitos; (ii) Captura e formalização da ontologia; (iii) Projeto; (iv) Implementação; e (v) Teste. SABiO também considera processos de apoio (aquisição de conhecimento, reúso, documentação, gerência de configuração, avaliação) que são executados em paralelo ao processo de desenvolvimento. SABiO trata tanto o desenvolvimento de ontologias de referência quanto ontologias operacionais. A Figura 2.5 apresenta uma visão geral de SABiO.

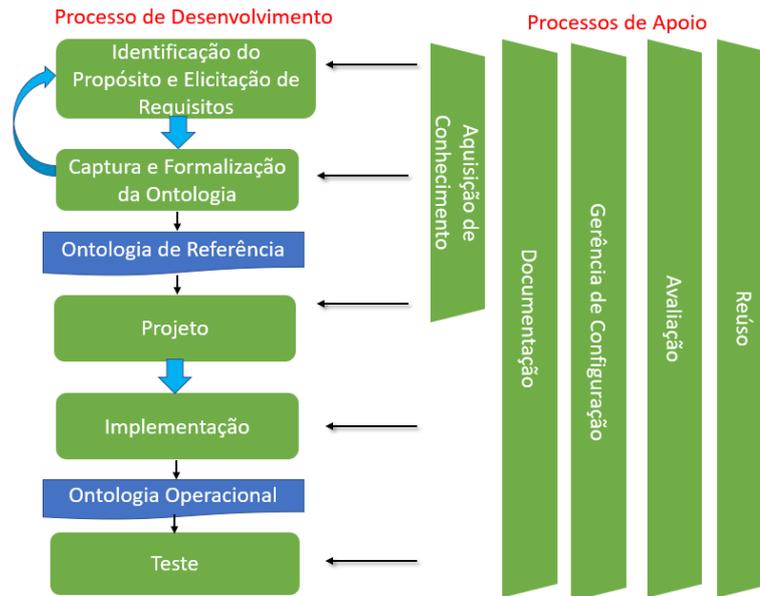


Figura 2.5 – Visão geral de SABiO

SABiO considera que os seguintes papéis estão envolvidos no desenvolvimento de ontologias: (i) especialista de domínio, que é o especialista no domínio da ontologia e fornece o conhecimento que deve ser modelado e implementado na ontologia de domínio; (ii) usuário da ontologia, representando alguém que pretende usar a ontologia para um determinado propósito; (iii) engenheiro de ontologia, responsável pela ontologia de referência e, assim, pelas fases iniciais do processo de desenvolvimento da ontologia; (iv) projetista de ontologias, responsável pelo projeto de uma ontologia operacional; (v) programador de ontologias, responsável pela implementação de uma ontologia operacional; (vi) testador de ontologias, responsável por testar uma ontologia operacional (FALBO, 2014).

A seguir é apresentada uma breve descrição das fases do processo de desenvolvimento de SABiO.

- a) **Identificação do Propósito e Elicitação de Requisitos:** consiste na identificação do propósito da ontologia e de sua utilização esperada. Nesta fase os requisitos da ontologia são elicitados e representados por meio de questões de competência que indicam as questões que a ontologia deve ser capaz de responder.
- b) **Captura e Formalização da Ontologia:** consiste na captura da conceituação do domínio, com base no propósito e requisitos da ontologia. Nesta fase, conceitos, relações, propriedades relevantes devem ser identificados e organizados. Modelos usando uma linguagem gráfica e um dicionário de termos devem ser utilizados para facilitar a comunicação com especialistas do domínio. Axiomas devem ser definidos e formalizados. Nesta fase, linguagens altamente expressivas devem ser usadas para criar ontologias

fortemente axiomatizadas que se aproximem o máximo possível da ontologia ideal do domínio. O foco nessas linguagens deve estar na adequação da representação, uma vez que as especificações resultantes devem ser usadas por seres humanos (GUIZZARDI, 2007). O principal resultado desta fase é a ontologia de referência.

- c) **Projeto:** consiste na transformação da especificação conceitual da ontologia de referência em uma especificação de projeto. Para isso, devem ser definidos os requisitos técnicos não-funcionais, o ambiente de implementação, o projeto de arquitetura da ontologia e o projeto detalhado.
- d) **Implementação:** consiste na implementação da ontologia na linguagem operacional escolhida. O resultado é uma versão operacional da ontologia de referência.
- e) **Teste:** refere-se à verificação dinâmica e à validação do comportamento da ontologia operacional em um conjunto finito de casos de teste, comparado com o comportamento esperado em relação às questões de competência.

2.2.2. NeOn

NeOn (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012) é um método que, junto com um conjunto de ferramentas, forma o *framework* NeOn. Este método foi desenvolvido para apoiar aspectos colaborativos do desenvolvimento de ontologias e o reuso e a evolução de redes de ontologias. NeOn inclui um conjunto de nove cenários para construir ontologias e redes de ontologias, um glossário de processos e atividades potencialmente envolvidas no desenvolvimento de ontologias e uma coleção de modelos de ciclo de vida de ontologias. Além disso, o *framework* fornece um conjunto de diretrizes para os diferentes processos e atividades relevantes para o desenvolvimento de redes de ontologias.

Em contraste com outras abordagens que fornecem orientações para a engenharia de ontologias, o método NeOn não prescreve um fluxo de trabalho rígido, mas sugere uma variedade de caminhos para o desenvolvimento de ontologias. Os nove cenários apresentados pelo método NeOn são (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012):

- Cenário 1: *Da Especificação à Implementação.* A rede de ontologias é desenvolvida a partir do zero, isto é, sem a reutilização de recursos de conhecimento disponíveis
- Cenário 2: *Reusando e reprojetoando recursos não ontológicos.* Este cenário abrange o caso em que os engenheiros de ontologias precisam analisar recursos não ontológicos e decidir, de acordo com os requisitos que a ontologia deve cumprir, quais recursos

não ontológicos podem ser reutilizados para construir a rede de ontologias. O cenário também cobre a reengenharia dos recursos selecionados em ontologias.

- Cenário 3: *Reusando recursos ontológicos*. Neste cenário os engenheiros de ontologias reutilizam recursos ontológicos (ontologias como um todo, módulos de ontologias e/ou declarações de ontologias).
- Cenário 4: *Reusando e reprojetoando recursos ontológicos*. Aqui, os engenheiros de ontologias reutilizam e reprojetoam recursos ontológicos.
- Cenário 5: *Reusando e mesclando recursos ontológicos*. Este cenário se desdobra apenas nos casos em que vários recursos ontológicos no mesmo domínio são selecionados para reutilização e quando os engenheiros de ontologias desejam criar um novo recurso ontológico a partir de dois ou mais recursos ontológicos.
- Cenário 6: *Reusando, mesclando e reprojetoando recursos ontológicos*. Este cenário é semelhante ao cenário 5. No entanto, aqui, os engenheiros decidem não usar o conjunto de recursos mesclados como estão, mas reprojeta-lo.
- Cenário 7: *Reutilizando padrões de design de ontologias (ODPs)*. Os engenheiros de ontologia acessam os repositórios de ODPs para reutilizá-los.
- Cenário 8: *Reestruturação de recursos ontológicos*. Engenheiros de ontologias reestruturam (modularizando, podando, estendendo e/ou especializando) recursos ontológicos para serem integrados na rede de ontologia que está sendo construída.
- Cenário 9: *Localizando recursos ontológicos*. Os engenheiros de ontologias adaptam uma ontologia a outras linguagens e comunidades culturais, produzindo uma ontologia multilíngue.

Os cenários definidos em NeOn podem ser combinados de maneiras diferentes e flexíveis, desde que qualquer combinação inclua o Cenário 1, pois esse cenário é composto das principais atividades que devem ser executadas em qualquer desenvolvimento de ontologias. Aquisição de conhecimento, documentação, gerência de configuração, avaliação e validação devem ser realizadas durante todo o desenvolvimento, ou seja, em qualquer cenário (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012).

2.3. Integração de Ontologias

A literatura apresenta vários trabalhos que abordam integração de ontologias, sendo possível encontrar algumas diferenças nas definições apresentadas para esse termo. Nesta seção, algumas dessas definições são discutidas. Dada a proximidade entre os conceitos *merging* e integração e a

possível confusão que eles podem causar, são apresentadas definições tanto para integração quanto para *merging*.

Para Pinto *et al.* (1999), existem três diferentes situações que envolvem integração de ontologias: (i) a construção de uma nova ontologia reusando outras ontologias disponíveis; (ii) *merging* de diferentes ontologias que tratam do mesmo assunto, resultando em uma única ontologia que unifica todas elas; (iii) integração de ontologias em aplicações. No primeiro caso, deseja-se construir uma nova ontologia e existem ontologias previamente construídas e disponíveis que correspondem aos requisitos apropriadamente; então, essas ontologias serão reusadas para construir uma nova. No segundo caso, deseja-se construir uma ontologia unindo ideias, conceitos, distinções, axiomas, etc., ou seja, conhecimento, de outras ontologias existentes no mesmo domínio. Quando as ontologias são mescladas, uma nova ontologia é criada e essa ontologia tenta unificar conceitos, terminologias, definições, restrições, etc. No terceiro caso, deseja-se introduzir em uma aplicação uma ou mais ontologias subjacentes e que são compartilhadas entre várias aplicações de software ou uma utiliza uma ou mais ontologias para especificar ou implementar um sistema baseado em conhecimento.

Segundo Pinto *et al.* (1999), em integração tem-se, de um lado, uma (ou mais) ontologias fonte e, de outro, a ontologia resultante do processo de integração. As ontologias fonte são aquelas que estão sendo reutilizadas e são uma parte da ontologia resultante. A ontologia resultante do processo de integração é o que se deseja construir. Após a integração, pode-se identificar regiões na ontologia resultante oriundas das ontologias que foram integradas. O domínio das ontologias fonte é diferente do domínio da ontologia resultante, embora possa haver relação entre eles. Quando a ontologia fonte é reutilizada para construir a ontologia resultante, os conceitos integrados podem ser usados como estão, adaptados (ou modificados), especializados ou acrescidos de novos conceitos. Na integração, a ontologia resultante deve ser tal que não haja ontologia equivalente já construída, caso contrário, deve-se simplesmente reutilizar a existente.

A Figura 2.6 ilustra o conceito de integração com relação às ontologias integradas e seus domínios, onde O é a ontologia resultante e D é seu domínio, assim como $O_{1..n}$ são as ontologias integradas e $D_{1..k}$ seus respectivos domínios. A Figura 2.7 ilustra a ontologia resultante e as regiões pertencentes às ontologias integradas, num caso de exemplo onde foram usadas quatro ontologias para integração.

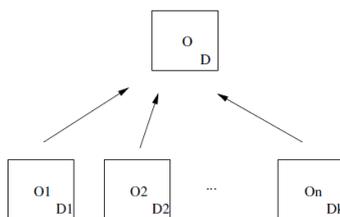


Figura 2.6 – Integração de ontologias (PINTO *et al.*, 1999)

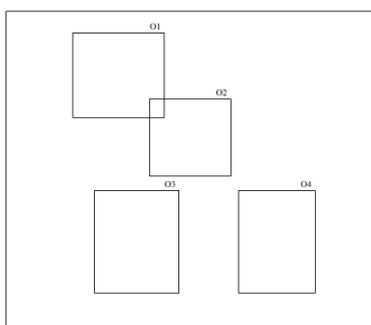


Figura 2.7 – Ontologia resultante do processo de integração de quatro ontologias (PINTO *et al.*, 1999)

A ontologia resultante deve ser clara, coerente, extensível, obedecer ao princípio do compromisso ontológico mínimo (somente descrever o vocabulário necessário para falar sobre o domínio) e ao viés mínimo de codificação (na conceituação deve-se somente considerar o nível de conhecimento (GRUBER, 1995)). Além disso, deve ser completa, concisa, não-ambígua, ter um nível adequado de detalhe, ser construída com base nas distinções básicas apropriadas e ter sido avaliada (PINTO *et al.*, 1999).

Ainda segundo Pinto *et al.* (1999), no processo de *merging* tem-se, de um lado, um conjunto de ontologias (pelo menos duas) que serão mescladas e, de outro, a ontologia resultante. O objetivo é fazer uma ontologia mais geral sobre um assunto, reunindo de forma coerente o conhecimento de várias outras ontologias no mesmo assunto. O assunto das ontologias mescladas e da ontologia resultante é o mesmo, embora algumas ontologias sejam mais gerais do que outras, ou seja, o nível de generalidade das ontologias combinadas pode não ser o mesmo. No *merging*, pode ser difícil identificar regiões na ontologia resultante que foram retiradas das ontologias mescladas.

A Figura 2.8 ilustra o conceito de *merging* com relação às ontologias mescladas e seus assuntos, onde O é a ontologia resultante e S é seu assunto, assim como $O_{1..n}$ são as ontologias mescladas e S é o assunto em comum a todas as ontologias. A Figura 2.9 ilustra a ontologia resultante e as regiões pertencentes às ontologias mescladas, em um caso de exemplo onde foram usadas duas ontologias para o *merging*.

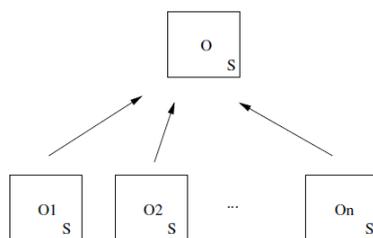


Figura 2.8 – *Merge* de ontologias (PINTO *et al.*, 1999)

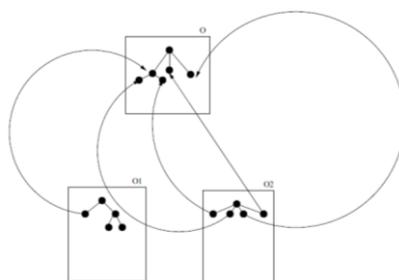


Figura 2.9 – A ontologia resultante do processo de *merging* (PINTO *et al.*, 1999)

Segundo Souza *et al.* (2010) o processo de *merging* fornece uma única ontologia gerada a partir da combinação de ontologias fonte, sendo que todos os termos dessas ontologias aparecem na nova ontologia. Integração de ontologias, por sua vez, constrói uma nova ontologia a partir de outras, reutilizando seus conceitos, estendendo-os, especializando-os ou adaptando-os. Embora a integração resulte em uma única ontologia, há uma definição clara da origem dos conceitos, o que a difere de *merging*. É possível notar que as definições providas por Souza *et al.* (2010) são alinhadas às apresentadas por Pinto *et al.* (1999). Porém, Souza *et al.* (2010) consideram que em um processo de *merging* todos os conceitos das ontologias fonte devem estar presentes na ontologia mesclada, o que não ocorre na definição apresentada por Pinto *et al.* (1999) (vide Figura 2.9).

Para Euzenat e Shvaiko (2007), *merging* é a criação de uma nova ontologia a partir de outras ontologias fonte, possivelmente sobrepostas, sendo que essas ontologias fonte permanecem inalteradas. A ontologia mesclada deve conter o conhecimento das ontologias iniciais. Já integração de ontologias consiste na inclusão de uma ontologia em outra juntamente com afirmações expressando a “cola” entre essas ontologias, geralmente como fórmulas. Segundo a visão desses autores, a ontologia integrada contém o conhecimento das ontologias iniciais, porém, diferente do *merging*, a primeira ontologia é inalterada enquanto a segunda é modificada, ou seja, a integração é um processo que altera uma ontologia através da inclusão de conceitos de outra ontologia.

Abels *et al.* (2005) definem integração de ontologias como o processo de construir uma ontologia sobre um assunto reusando uma ou mais ontologias sobre diferentes assuntos. Esta definição é consistente com as definições de Souza *et al.* (2010) e de Pinto *et al.* (1999), apresentadas

anteriormente. Porém, diferente dos autores citados anteriormente, Abels *et al.* (2005) consideram que integração de ontologias pode ser dividida em vários tipos, dependendo do nível de integração que se deseja alcançar, e incluem entre os tipos de integração mapeamento de ontologias (identificação de conceitos ou relações idênticos entre diferentes ontologias), alinhamento de ontologias (acordo mútuo que torna as ontologias em consistentes e coerentes) e *merging* de ontologias (criação de uma nova ontologia a partir da combinação de outras existentes).

Considerando-se as definições apresentadas nesta seção, percebe-se que, embora haja consenso de que integração envolve construir uma nova ontologia reutilizando-se outras sobre assuntos diferentes, não há consenso sobre alguns aspectos da integração (por exemplo, se todas as ontologias a serem integradas podem sofrer alterações). Neste trabalho considera-se as definições propostas por Pinto *et al.* (1999).

2.3.1. Métodos para Integração de Ontologias

Assim como há métodos que tratam do processo de desenvolvimento de ontologias como um todo (veja seção 2.2), há, também, métodos que tratam especificamente do processo de integração. No Capítulo 3 serão apresentados alguns deles, que foram identificados em um mapeamento sistemático da literatura. Um dos métodos identificados é particularmente importante no contexto deste trabalho, pois apresenta um processo bem definido para integração de ontologias e foi considerado na elaboração da abordagem proposta neste trabalho. A seguir, as atividades que compõem o método definido em (PINTO; MARTINS, 2001) são brevemente descritas.

- (i) *Identificação da possibilidade de integração*: diz respeito à identificação da possibilidade de desenvolver uma ontologia a partir da integração de outras.
- (ii) *Identificação de módulos*: diz respeito à identificação dos módulos necessários para construir a futura ontologia, ou seja, das subontologias nas quais a futura ontologia deve ser dividida.
- (iii) *Identificação de premissas e compromissos ontológicos*: deve ser realizada para cada módulo, descrevendo no modelo conceitual e na documentação da ontologia quais são as premissas e compromissos ontológicos de cada módulo, os quais devem ser compatíveis entre si e com as premissas e compromissos desejados para a ontologia resultante.
- (iv) *Identificação do conhecimento a ser representado*: também deve ser realizada para cada módulo. Nesta atividade o engenheiro de ontologias apresenta uma ideia dos conceitos essenciais e de como os módulos que irão compor a futura ontologia devem “parecer”.

Essas informações serão necessárias para avaliar se as ontologias disponíveis serão adequadas para serem reutilizadas.

- (v) *Identificação de ontologias candidatas*: consiste em encontrar ontologias disponíveis e escolher quais são possíveis candidatas para serem integradas. Para encontrar as ontologias deve-se utilizar fontes de ontologias, tais como bibliotecas de ontologias operacionais, artigos da literatura (para ontologias conceituais e formalizadas) ou fazer contato com os desenvolvedores das ontologias. Para escolher as ontologias candidatas, deve ser feita uma análise geral de todas as ontologias disponíveis de acordo com uma série de critérios, tais como: domínio, disponibilidade da ontologia, paradigma de formalismo em que a ontologia está disponível, principais pressupostos e compromissos ontológicos, principais conceitos representados. Ontologias que não satisfaçam os critérios não devem ser consideradas para integração. Esses critérios mais gerais devem ser usados para eliminar ontologias. Outros critérios mais específicos, tais como a documentação disponível, podem ser utilizados para avaliar, dentre as ontologias que satisfazem os critérios mais gerais, quais são as melhores candidatas.
- (vi) *Obtenção de ontologias candidatas*: inclui a obtenção da representação e também da documentação disponível das ontologias. Caso apenas a representação no nível de implementação estiver disponível, deve ser feita reengenharia para obtenção da representação conceitual das ontologias.
- (vii) *Estudo de ontologias candidatas*: consiste na avaliação técnica, feita por especialistas de domínio, e na avaliação por usuários, feita por engenheiros de ontologias. Para avaliar tecnicamente as ontologias, deve-se analisar o tipo de conhecimento faltante e tipo de mudanças que devem ser realizadas na ontologia, seja na documentação, na terminologia ou nas definições. Para os usuários avaliarem as ontologias, devem ser levadas em consideração a estrutura geral da ontologia, as distinções sobre as quais a ontologia está construída, a qualidade da terminologia utilizada, das definições e da documentação.
- (viii) *Escolha de ontologias candidatas mais adequadas*: refere-se a escolher as ontologias candidatas que são mais adequadas e que são mais compatíveis e completas em relação à ontologia resultante desejada.
- (ix) *Aplicação de operações de integração*: diz respeito a como o conhecimento das ontologias integradas será incluído e combinado na ontologia resultante.

- (x) *Análise de ontologia resultante*: diz respeito à avaliação da ontologia resultante, que deve possuir um nível de detalhe constante e deve ser coerente.

2.4. Modelagem de Objetivos

Objetivos são afirmações declarativas da intenção a ser alcançada. Eles podem expressar propriedades funcionais (aptidão, capacidade) ou propriedades não funcionais (qualidade) em diferentes níveis de abstração: de objetivos estratégicos de alto nível (por exemplo, aumentar a competitividade da empresa) a objetivos táticos de baixo nível (por exemplo, diminuir a quantidade de defeitos entregues nos produtos de software) (NEGRI *et al.*, 2017).

A Engenharia de Requisitos Orientada a Objetivos (*Goal Oriented Requirements Engineering - GORE*) surgiu para criar e estudar métodos que abordam a engenharia de requisitos a partir de uma perspectiva orientada para objetivos. Normalmente, em GORE, os objetivos são elicitados e conceituados em termos de alguma forma de modelo. Os modelos de objetivos têm sido usados como um meio eficaz para capturar as interações e compensações entre requisitos e têm sido aplicados de forma mais ampla para promover o estado de áreas como adaptação de software, segurança, conformidade legal e *business intelligence*, entre outras áreas (HORKOFF *et al.*, 2017).

Modelagem de objetivos tem sido aplicada com sucesso para enriquecer a fase de análise de requisitos no processo de engenharia de requisitos, como em (FERNANDES *et al.*, 2011). A incorporação de representações explícitas de objetivos em modelos de requisitos fornece um critério para a completude dos requisitos, ou seja, os requisitos podem ser julgados como completos se forem suficientes para atingir os objetivos que eles refinam (LIU; YU, 2004).

Para utilizar modelagem de objetivos é necessário definir que abordagem ou terminologia será usada para expressar os modelos de objetivos. Há na literatura diferentes abordagens que podem ser utilizadas nesse contexto, tais como iStar (DALPIAZ *et al.*, 2016), Tropos (BRESCIANI *et al.*, 2004), KAOS (VAN LAMSWEERDE, 2009) e Techne (JURETA *et al.*, 2010). A seguir, cada uma dessas abordagens é brevemente apresentada.

O *framework* iStar (DALPIAZ *et al.*, 2016) (originalmente chamado i* (YU, 1995)) propõe modelos diferentes para diferentes níveis de abstração. No alto nível, os modelos de Dependência Estratégica visam descrever as relações de dependência entre os atores: um ator depende de outro para realizar alguma intenção. Um elemento intencional pode ser um objetivo, uma tarefa, um recurso ou um *quality* (chamado de *softgoal* em i* (YU, 1995)). No nível inferior, os modelos de Razão Estratégica descrevem e refinam os elementos intencionais na perspectiva de cada ator, explorando o *design rationale* por trás deles. iStar enfoca a fase de requisitos iniciais, identificando as partes interessadas e trazendo seus objetivos estratégicos para os modelos. O propósito é fornecer

ferramentas para modelar aspectos sociais em engenharia de requisitos com base em objetivos (NEGRI *et al.*, 2017).

Tropos (BRESCIANI *et al.*, 2004), uma variante de i^* , inclui o conceito de decomposição de objetivos para diminuir o nível de abstração em direção a uma especificação de requisitos tardia (NEGRI *et al.*, 2017), ou seja, para atingir requisitos que descrevam o sistema a ser desenvolvido dentro de seu ambiente operacional, juntamente com funções e qualidades relevantes.

KAOS é uma abordagem sistemática para descoberta e estruturação de requisitos. Em KAOS, um objetivo é uma declaração de intenção prescritiva que um sistema deve satisfazer (VAN LAMSWEERDE, 2009). O modelo de objetivos, neste caso, pretende descrever os objetivos a serem atingidos através do sistema (software + ambiente), expressando também objetivos de nível superior, relacionados ao escopo do sistema e às intenções dos *stakeholders* (mais estratégicos), e objetivos de nível inferior (mais técnicos). Os objetivos de nível superior podem ser consecutivamente refinados/decompostos em níveis mais baixos, mais operacionais, para expressar como eles podem ser alcançados (NEGRI *et al.*, 2017).

Techne (JURETA *et al.*, 2010) é uma linguagem de modelagem de requisitos fundamentada na Ontologia de Núcleo para Engenharia de Requisitos (*Core Ontology for Requirements Engineering*) (CORE) (JURETA *et al.*, 2009) que, por sua vez, é baseada na Ontologia Descritiva para Engenharia Linguística e Cognitiva (*Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering - DOLCE*) (MASOLO *et al.*, 2002), uma ontologia de fundamentação que visa capturar as categorias ontológicas subjacentes à linguagem natural e ao senso comum humano. Techne distingue entre estados mentais diferentes de partes interessadas para representar conceitos no modelo de objetivos (NEGRI *et al.*, 2017).

As linguagens adotadas nas diferentes abordagens tendem a representar, essencialmente, os mesmos conceitos. Porém, como foram desenvolvidas separadamente, seus construtos possuem semânticas distintas e podem causar confusão aos usuários. Assim, (NEGRI *et al.*, 2017) propôs GORO (*Goal-Oriented Requirements Ontology*), uma ontologia de domínio sobre requisitos orientados a objetivos que pretende esclarecer a natureza dos conceitos envolvidos e explorar sua natureza. Dado que muitas abordagens de GORE foram desenvolvidas, cabe ao usuário escolher qual abordagem se encaixa melhor em seu propósito.

Os modelos de objetivos desenvolvidos nesta dissertação foram representados utilizando-se iStar. Assim, para auxiliar no entendimento dos modelos que serão apresentados em capítulos posteriores, a próxima seção apresenta informações sobre iStar.

2.4.1. iStar

i* foi apresentada em (YU, 1995) como uma estrutura de modelagem e raciocínio orientada a objetivos e atores, consistindo em uma linguagem de modelagem juntamente com técnicas de raciocínio para analisar os modelos criados. Beneficiando-se de sua natureza intencionalmente aberta, múltiplas extensões de i* foram propostas (veja (GONÇALVES *et al.*, 2018)), seja pela ligeira redefinição de alguns construtos existentes, detalhando algumas questões semânticas não completamente definidas no proposta inicial, seja propondo novos construtos para domínios específicos (DALPIAZ *et al.*, 2016).

Porém, o uso flexível de i* também trouxe alguns problemas, como dificuldade de aprendizado da linguagem, falta de um corpo de conhecimento único para ser utilizado como fonte, falta de referência estabelecida para o uso de i*, necessidade de implementação de várias ferramentas para os vários dialetos que surgiram. Assim, a comunidade de pesquisa criou o iStar 2.0 (DALPIAZ *et al.*, 2016), no qual foram incluídos os conceitos e construtos básicos amplamente acordados pela comunidade. A seguir são apresentados os construtos e conceitos da linguagem iStar. Todo o conteúdo apresentado a seguir é baseado em (DALPIAZ *et al.*, 2016).

2.4.1.1. Atores

Os atores são centrais para a natureza de modelagem social da linguagem. Os atores são entidades autônomas e ativas que visam atingir seus objetivos, exercendo seu *know-how* em colaboração com outros atores. Na linguagem iStar 2.0, dois tipos de atores são distinguidos:

- Papel (*Role*): uma caracterização abstrata do comportamento de um ator social dentro de algum contexto especializado ou domínio de atuação. Exemplos são: estudante, estudante de doutorado.
- Agente (*Agent*): um ator com manifestações físicas concretas, como um indivíduo humano, uma organização ou um departamento. Exemplos são: Agência de viagens, Mike White.

Sempre que distinguir o tipo de ator não é relevante, seja por causa do cenário em questão ou do estágio de modelagem, a noção de ator genérico - sem especialização - pode ser usada no modelo. Por exemplo, podemos denotar a agência de viagens como um ator para dizer que ainda não sabemos se é uma agência específica (agente) ou uma caracterização do papel da agência de viagens. A Figura 2.9 ilustra a notação.



Figura 2.9 – Exemplos de ator, papel e agente

A intencionalidade dos atores é explicitada através da perspectiva do ator, que é um recipiente gráfico para seus elementos intencionais junto com suas inter-relações. A Figura 2.10 mostra a representação gráfica de uma perspectiva de ator; elementos e relações aparecerão dentro da área cinza.

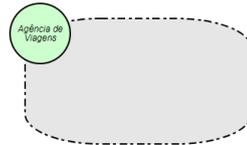


Figura 2.10 – Exemplo de perspectiva de ator

2.4.1.2. Elementos Intencionais

Elementos intencionais são as coisas que os atores querem. Como tal, eles modelam diferentes tipos de requisitos e são centrais para a linguagem. Um elemento intencional que aparece dentro da perspectiva de um ator denota algo que é desejado ou cobijado por aquele ator. Um elemento intencional também pode aparecer fora da perspectiva do ator, como parte de um relacionamento de dependência entre dois atores. Os seguintes elementos estão incluídos na linguagem:

- Objetivo (*Goal*): um estado de coisas que o ator quer alcançar e que tem critérios claros de atendimento.
- Qualidade (*Quality*): um atributo para o qual um ator deseja algum nível de atendimento. Por exemplo, a entidade poderia ser o sistema em desenvolvimento e a qualidade seu desempenho; outra entidade poderia ser o negócio que está sendo analisado e uma qualidade seria o lucro anual. O nível de atendimento pode ser definido precisamente ou mantido vago. Qualidades podem orientar a busca de formas de atingir objetivos e também servem como critérios para avaliar formas alternativas de atingir objetivos.
- Tarefa (*Task*): representa ações que um ator deseja executar, geralmente com o propósito de atingir algum objetivo.
- Recurso (*Resource*): Uma entidade física ou informativa que o ator precisa para executar uma tarefa.

A Figura 2.11 ilustra exemplos de elementos intencionais.



Figura 2.11 – Exemplo de elementos intencionais (Objetivo, Tarefa, Qualidade, Recurso, respectivamente)

2.4.1.3. Dependências sociais

Dependências representam relações sociais. Uma dependência é definida como um relacionamento com cinco argumentos:

- *Depender* é o ator que depende de algo (o dependente) a ser fornecido;
- *DependerElmt* é o elemento intencional dentro da perspectiva do *Depender* de onde a dependência começa, o que explica porque a dependência existe;
- *Dependum* é um elemento intencional que é o objeto da dependência;
- *Dependee* é o ator que deve fornecer o *Dependum*;
- *DependeeElmt* é o elemento intencional que explica como o dependente pretende fornecer o *Dependum*.

A Figura 2.12 ilustra exemplos de dependências.

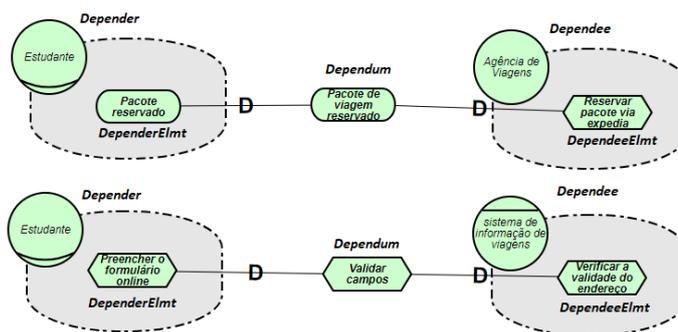


Figura 2.12 – Exemplo de dependências

As dependências vinculam o *DependerElmt* dentro do ator dependente à dependência, fora dos limites do ator, ao *DependeeElmt* dentro do ator dependente. O link é desenhado com um símbolo “D” indicando direção, com o D agindo como uma ponta de seta “>”, apontando do *DependerElmt* para o *Dependum* e para o *DependeeElmt*.

Tanto o *DependerElmt* quanto o *DependeeElmt* podem ser omitidos. Essa opcionalidade é usada ao criar uma visualização de dependência estratégica ou para dar suporte à expressão de conhecimento parcial, por exemplo, quando o “porquê” (*DependerElmt*) ou o “como” (*DependeeElmt*) da dependência são desconhecidos. Se ambos forem omitidos, a dependência ligará o ator dependente (*Depender*) ao ator dependido (*Dependee*) por meio do *Dependum*. O tipo do *Dependum* especializa a semântica do relacionamento:

- Objetivo (*Goal*): espera-se que o *Dependee* atinja o objetivo e seja livre para escolher como;
- Qualidade (*Quality*): espera-se que o *Dependee* satisfaça suficientemente a qualidade e seja livre para escolher como;
- Tarefa (*Task*): espera-se que o *Dependee* execute a tarefa da maneira prescrita;
- Recurso (*Resource*): espera-se que o *Dependee* disponibilize o recurso para o *Depender*.

Desta forma, diferentes tipos de dependência indicam diferentes graus de liberdade concedidos pelo *Depender* ao *Dependee*, com qualidades e objetivos que permitem o mais alto grau de liberdade, tarefas com grau médio e recursos com grau mais baixo.

Quando um *Depender* depende do *Dependee* para alcançar seu *DependerElmt*, o *Depender* não pode ou escolhe não satisfazer/não executar/não ter o *DependerElmt* sozinho. Assim, o *DependerElmt* não pode ser refinado ou ter contribuição. É possível que um ou mais de *DependerElmt*, *Dependum* e *DependeeElmt* tenham o mesmo nome de elemento (*label*). Nesse caso, cada um desses elementos é, no entanto, distinto, pois refletem os pontos de vista separados do *Depender*, a relação entre os dois atores e o *Dependee*, respectivamente.

Relacionamentos de dependência não devem compartilhar o mesmo *Dependum*, pois cada *Dependum* é um elemento conceitualmente diferente; em alguns casos, um *Dependum* em uma dependência é obtido, mas não é obtido em outra dependência, mesmo se os *Dependums* tiverem o mesmo nome. Em outras palavras, um ator não pode depender de mais de um ator para o mesmo *Dependum*, ou dois atores não podem depender do mesmo *Dependum* de um ator.

2.4.1.4. Relações entre elementos intencionais

Existem quatro tipos de ligações entre elementos intencionais: refinamento (*refinement*), necessidade (*needed-by*), contribuição (*contribution*) e qualificação (*qualification*). A Tabela 2.1 sumariza os tipos de ligações.

Tabela 2.1 – Ligações entre elementos intencionais

		Cabeça da seta apontada para			
		Objetivo	Qualidade	Tarefa	Recurso
Ligação começa por	Objetivo (<i>Goal</i>)	Refinamento	Contribuição	Refinamento	nenhum
	Qualidade (<i>Quality</i>)	Qualificação	Contribuição	Qualificação	Qualificação
	Tarefa (<i>Task</i>)	Refinamento	Contribuição	Refinamento	nenhum
	Recurso (<i>Resource</i>)	nenhum	Contribuição	Necessidade	nenhum

Refinamento é um relacionamento genérico que liga objetivos e tarefas hierarquicamente, sendo um relacionamento de aridade n relacionando um pai a dois ou mais filhos. Um elemento intencional pode ser um pai em no máximo um relacionamento de refinamento. Existem dois tipos de refinamento que define o operador lógico que relaciona os pais com os filhos:

- E (*AND*): o cumprimento de todos os n filhos ($n \geq 2$) faz com que o pai seja satisfeito;
- Ou Inclusivo (*Inclusive OR*): o cumprimento de pelo menos um filho faz com que o pai seja cumprido.

Um pai só pode ser refinado por AND ou por OU, e não ambos simultaneamente. Dependendo dos elementos conectados, o refinamento assume diferentes significados:

- Se o pai for um objetivo:
 - No caso de AND, um objetivo filho é um subestado que faz parte do objetivo pai, enquanto uma tarefa filha é uma tarefa que deve ser realizada;
 - No caso de OR, uma tarefa filha é uma forma particular (um "meio") de cumprir o objetivo pai (o "fim"), enquanto um objetivo filho é um objetivo que pode ser alcançado para satisfazer o objetivo pai;
- Se o pai for uma tarefa:
 - No caso de AND, uma tarefa filha é uma subtarefa que é identificada como parte da tarefa pai, enquanto um objetivo filho é um objetivo que é descoberto analisando a tarefa pai;
 - No caso de OR, um objetivo filho é um objetivo cuja existência é descoberta analisando a tarefa pai que pode substituir a tarefa original, enquanto uma tarefa filha é uma maneira de executar a tarefa pai.

Graficamente, o refinamento é expresso como um conjunto de *links* direcionados dos subelementos para o elemento pai. Emprega-se uma ponta de flecha em forma de T para denotar o refinamento de AND, e uma seta sólida direcionada para o pai para representar o refinamento de OR (usando os símbolos de i^* original). A Figura 2.13 ilustra alguns exemplos. Na primeira parte, tem-se a perspectiva de um ator Secretária cujo objetivo é ter Autorização obtida e, para alcançar esse objetivo, é necessário Requisição preparada e Autorização assinada; na segunda parte, tem-se a perspectiva de um ator Agência de Viagens cujo objetivo é ter Tickets agendados e a tarefa Agência compra tickets é um meio para atingir esse objetivo; na terceira parte, tem-se a perspectiva de um ator Sistema de Universidade cuja tarefa é Processar formulário e, para completá-la, é necessário completar as tarefas Solicitar autorização e Notificar o candidato.

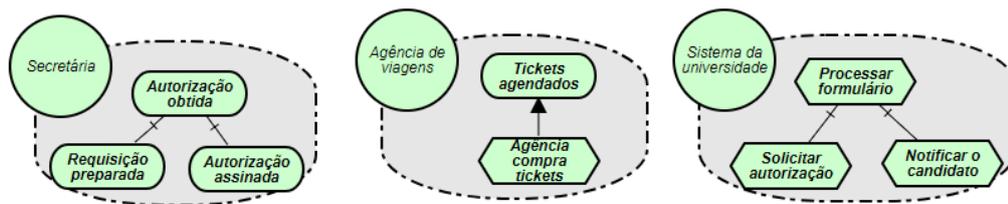


Figura 2.13 – Exemplos de links de refinamento

O relacionamento Necessidade (*NeededBy*) vincula uma tarefa a um recurso e indica que o ator precisa do recurso para executar a tarefa. Esta relação não especifica qual é a razão para esta necessidade: consumo, leitura, modificação, criação, etc. A Figura 2.14 ilustra um exemplo. Para atingir o objetivo Tickets agendados, é necessário executar a tarefa Pagar por tickets e, para realizar a tarefa, é necessária obtenção do recurso Cartão de crédito.

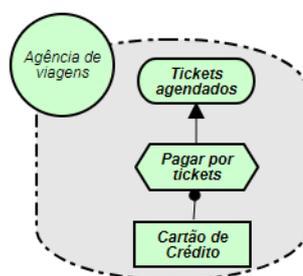


Figura 2.14 – Exemplo de link de necessidade

Os links de contribuição representam os efeitos dos elementos intencionais nas qualidades e são essenciais para auxiliar os analistas no processo de tomada de decisão entre objetivos ou tarefas alternativas. Os links de contribuição levam ao acúmulo de evidências de qualidades. Assim, qualidades são cumpridas ou satisfeitas, tendo evidência positiva suficiente, ou sendo negadas, tendo fortes evidências negativas. As contribuições são definidas como relacionamentos de um elemento intencional de origem para uma qualidade de destino e com um dos seguintes tipos:

- *Make*: A fonte fornece evidência positiva suficiente para a satisfação do alvo.
- *Help*: A fonte fornece evidência positiva fraca para a satisfação do alvo.
- *Hurt*: A fonte fornece evidência fraca contra a satisfação (ou negação) do alvo.
- *Break*: A fonte fornece evidência suficiente contra a satisfação (ou pela negação) do alvo.

A Figura 2.15 ilustra exemplo. Enquanto os exemplos mostram contribuições a partir de objetivos e tarefas, também é possível iniciar contribuições de recursos e qualidades. Os exemplos estão contidos no contexto de reembolso de viagens de uma Universidade, no qual os alunos devem organizar suas viagens (por exemplo, para conferências) e ter vários objetivos a serem atingidos e opções para alcançá-los. Para atingir seus objetivos, os estudantes contam com outros agentes, como

uma agência de viagens e o sistema de informações de gerenciamento de viagens da universidade. A primeira parte da figura mostra a perspectiva do ator Secretária cuja tarefa Supervisor autoriza fornece evidência positiva fraca para a satisfação da qualidade Agendamento rápido; na segunda parte, tem-se a perspectiva do ator Sistema da Universidade cuja tarefa Preencher formulário em papel fornece uma evidência negativa fraca contra a satisfação da qualidade Sem erros; na terceira parte tem-se o ator Agência de viagens cujo objetivo Pacote reservado fornece evidência positiva suficiente para satisfazer a qualidade Pagamentos próprios mínimos; na quarta parte tem-se o ator Agência de viagens cuja tarefa Chefe de departamento autoriza fornece evidência suficiente contra a satisfação da qualidade Agendamento rápido.

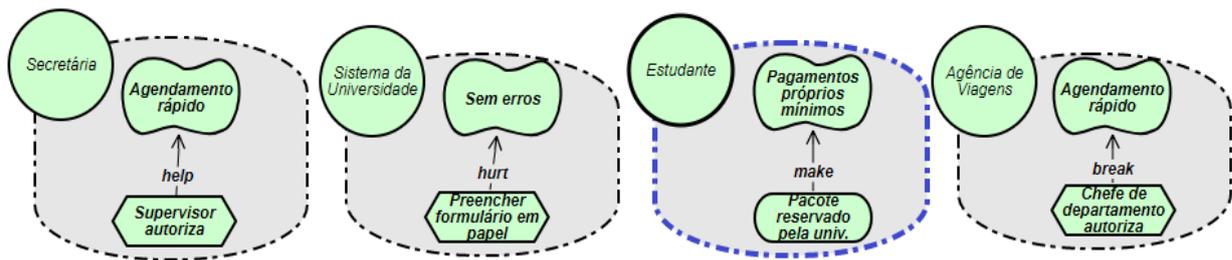


Figura 2.15 – Exemplo de link de contribuição

A relação de qualificação relaciona uma qualidade ao seu assunto: uma tarefa, objetivo ou recurso. Colocar uma relação de qualificação expressa uma qualidade desejada sobre a execução de uma tarefa, a realização do objetivo ou a provisão do recurso. A Figura 2.16 ilustra exemplo. Nela tem-se o ator Agência de viagem cujo objetivo Pedido preparado possui uma qualidade desejada chamada Sem erros.

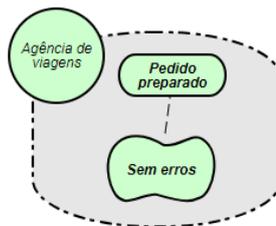


Figura 2.16 – Exemplo de link de qualificação

2.4.1.5. Visões de modelos

Ao se utilizar a linguagem iStar, modelos são criados. Especificamente, duas visões que se originam da proposta i* original e de algumas extensões: a visão de Razão Estratégica e a visão de Dependência Estratégica.

A visão de Razão Estratégica mostra todos os detalhes capturados no modelo, incluindo atores, dependências, links de associações de atores e detalhes internos de cada ator. Os modeladores

podem visualizar a lógica estratégica dentro de cada um dos atores no modelo. Esta visão está exemplificada na Figura 2.13.

A visão de Dependência Estratégica mostra cada ator no modelo, os links de associação do ator e os relacionamentos de dependência de *Depender* para *Dependum* e *Dependee*. Essa visão está exemplificada na Figura 2.12. Mais exemplos serão apresentados ao longo deste trabalho. Um exemplo de modelo mais completo da visão de Dependência Estratégica pode ser visto na Figura 2.17. Nela, são apresentados os atores Estudante, Sistema da universidade e Agência de viagens, na qual o Estudante depende do Sistema da universidade para atingir o objetivo de ter o Formulário on-line processado, depende da Agência de viagens para atingir o objetivo Pacote de viagem reservado e para realizar a tarefa Comprar bilhetes de avião.

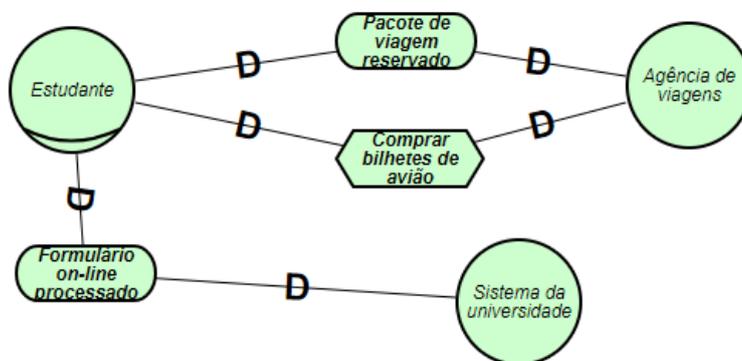


Figura 2.17 – Exemplo de visão de Dependência Estratégica

2.5. Considerações Finais do Capítulo

Para tratar de assuntos considerados importantes ao entendimento deste trabalho, este capítulo apresentou o conteúdo relacionado a ontologias, engenharia de ontologias, integração de ontologias e modelagem de objetivos. Foram apresentados métodos de engenharia de ontologias, métodos de integração de ontologias e exemplos de linguagens de modelagem de objetivos, bem como definições sobre conceitos relacionados a integração de ontologias.

No próximo capítulo são apresentados os principais resultados de um mapeamento sistemático no qual foram investigadas abordagens de integração de ontologias, a fim de se obter uma visão do estado da arte relacionado ao tópico de pesquisa explorado neste trabalho.

Capítulo 3

Integração de Ontologias: Mapeamento Sistemático

Este capítulo apresenta os resultados de um mapeamento sistemático realizado para investigar abordagens de integração de ontologias na literatura. O capítulo encontra-se assim organizado: a seção 3.1 apresenta o método adotado no estudo; a seção 3.2 apresenta o protocolo de pesquisa utilizado; a seção 3.3 descreve a execução do estudo e faz uma síntese dos dados obtidos; a seção 3.4 prevê algumas discussões sobre os dados obtidos; a seção 3.5 apresenta as limitações do estudo; e a seção 3.6 apresenta considerações finais do capítulo.

3.1 Visão Geral do Estudo

Buscando-se investigar abordagens de integração de ontologias, foi realizada uma investigação na literatura através de um mapeamento sistemático. Um mapeamento sistemático é um estudo secundário, ou seja, um estudo que investiga estudos primários.

Um mapeamento sistemático fornece uma visão ampla de uma área de pesquisa a fim de determinar se existe evidência de pesquisa em um tópico particular (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Mapeamentos sistemáticos auxiliam a identificar lacunas e sugerir áreas para pesquisas futuras, fornecendo um panorama que permite posicionar apropriadamente novas atividades de pesquisa (KITCHENHAM *et al.*, 2011)

Buscando-se assegurar um estudo imparcial, rigoroso e repetível, o estudo foi realizado seguindo-se o processo definido em (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), o qual envolve três atividades:

- (i) *Desenvolver o Protocolo:* nesta atividade o pesquisador realiza a prospecção sobre o tema de interesse do estudo, definindo o contexto e o objeto de análise. Em seguida, o protocolo que será o guia para execução do estudo é definido, testado e avaliado. O protocolo deve conter todas as informações necessárias para executar a pesquisa (questões de pesquisa, critérios para seleção das fontes, critérios para seleção das publicações, procedimentos para armazenar e analisar os resultados, e assim por diante).
- (ii) *Conduzir a Pesquisa:* nesta atividade o pesquisador executa o protocolo definido e, assim, seleciona publicações, extrai dados, os armazena e os analisa por meio de análises quantitativas e qualitativas.

- (iii) *Relatar Resultados*: nesta atividade o pesquisador empacota os resultados gerados ao longo da execução do estudo e os publica em alguma conferência, revista, relatório técnico, biblioteca de trabalhos científicos ou outro veículo.

3.2 Protocolo de Pesquisa

Nesta seção é apresentado o protocolo de pesquisa utilizado para execução do mapeamento sistemático da literatura.

O **objetivo** do mapeamento é identificar na literatura abordagens de integração de ontologias que lidam com a integração em nível conceitual. Por "abordagens de integração de ontologias" entende-se abordagens (p.ex., métodos, técnicas, processos) de integração de ontologias nas quais duas ou mais ontologias são reutilizadas e integradas (i.e., mescladas, consolidadas e modificadas – se necessário) para produzir uma nova ontologia integrada (PINTO; MARTINS, 2001). Nesse sentido, trabalhos que se limitam a tratar mapeamentos entre conceitos de diferentes ontologias, sem integrá-las em uma nova ontologia, não estão no escopo do estudo. Por “nível conceitual” considera-se que a abordagem de integração possui uma preocupação que é anterior a (e até mesmo independente de) preocupações operacionais, ainda que haja preocupações operacionais. Assim, abordagens que propõem soluções baseadas em aspectos mais operacionais da integração (por exemplo, soluções voltadas apenas para ontologias operacionais) estão fora do escopo do estudo. Por outro lado, abordagens que discutem integração no nível conceitual, seja puramente conceitual ou associada a integração operacional, são de interesse do estudo. O foco do estudo está em ontologias de referência (aquelas que não estão implementadas) e não nas operacionais (aquelas que estão implementadas).

Para alcançar o objetivo do estudo, foram definidas treze **questões de pesquisa** (QP), as quais são apresentadas na Tabela 3.1 junto com o raciocínio seguido para considerá-las (*rationale*).

Tabela 3.1 – Questões de Pesquisa do Mapeamento Sistemático.

ID	Questões de Pesquisa	<i>Rationale</i>
QP1	Quais abordagens de integração de ontologias em nível conceitual são apresentadas na literatura?	Identificar as abordagens para integração de ontologias em nível conceitual registradas na literatura.
QP2	Quando e em que tipo de veículo (periódico/evento científico) as publicações foram publicadas?	Prover um panorama sobre quando e onde os trabalhos foram publicados, permitindo analisar a maturidade do tópico de pesquisa. Além disso, verificar se há períodos com maior ou menor quantidade de publicações e qual a distribuição dos trabalhos considerando eventos científicos e periódicos

Tabela 3.1 – Questões de Pesquisa do Mapeamento Sistemático. (cont.)

ID	Questões de Pesquisa	<i>Rationale</i>
QP3	Que tipos de pesquisas foram realizadas?	Identificar os tipos de pesquisa de acordo com a classificação definida em (WIERINGA <i>et al.</i> , 2006), a saber: Pesquisa de Avaliação; Proposta de Solução; Pesquisa de Validação; Artigo Filosófico; Artigo de Opinião; e Artigo de Experiência Pessoal. Um panorama sobre os tipos de pesquisa pode indicar o nível de maturidade em pesquisa no tópico considerado.
QP4	Qual é o princípio básico da abordagem de integração de ontologias?	Identificar as principais características das abordagens de integração de ontologias e identificar se há predominância de alguma delas.
QP5	Quais são os passos da abordagem de integração de ontologias? Eles são explicitamente definidos?	Investigar se tem havido preocupação em definir um processo sistemático para integração de ontologias e quais têm sido os passos considerados.
QP6	A abordagem de integração de ontologias refere-se à integração de ontologias, <i>merging</i> de ontologias ou ambos?	Identificar o tipo de abordagem de integração, em linha com a classificação definida em (PINTO; MARTINS, 2001), a saber: <i>merging</i> e integração. <i>Merging</i> diz respeito à junção de ontologias na qual a ontologia final possui somente conceitos das ontologias integradas. Integração, por sua vez, considera que a ontologia final, obtida a partir da junção de outras ontologias, também inclui conceitos que não foram obtidos das ontologias integradas.
QP7	A abordagem de integração de ontologias está relacionada a algum método de engenharia de ontologias? Se sim, qual método e como a abordagem de integração de ontologias se relaciona com ele?	Investigar se abordagens de integração têm sido propostas no âmbito de algum método mais amplo de desenvolvimento de ontologias e como se dá a relação entre a abordagem de integração e esse método.
QP8	A abordagem de integração de ontologias é guiada por objetivos?	Investigar se objetivos têm sido usados para apoiar a integração de ontologias.
QP9	A abordagem de integração de ontologias usa questões de competência?	Investigar se questões de competência têm sido usadas para apoiar a integração de ontologias.
QP10	A abordagem de integração de ontologias considera a existência de ontologias pré-selecionadas ou a abordagem auxilia na seleção das ontologias a serem integradas?	Investigar se as abordagens têm tido preocupação em apoiar a seleção de ontologias para integração.
QP11	A abordagem de integração de ontologias aborda a integração apenas no nível conceitual ou também no nível operacional?	Identificar se as abordagens de integração de ontologias em nível conceitual também têm se preocupado com o nível operacional.
QP12	A abordagem de integração é uma solução automática, semiautomática ou não automática?	Investigar o uso de assistência computacional para integrar as ontologias.

Tabela 3.1 – Questões de Pesquisa do Mapeamento Sistemático. (cont.)

ID	Questões de Pesquisa	<i>Rationale</i>
QP13	Que tipos de relações semânticas entre conceitos são abordados na abordagem de integração?	Identificar os tipos de relações semânticas entre conceitos (p. ex., equivalência, especialização, generalização, etc.) que têm sido considerados nas abordagens de integração de ontologias.

A **expressão de busca** foi desenvolvida considerando-se dois grupos de termos que foram conectados com o operador AND. O primeiro grupo inclui termos relacionados à integração de ontologias. O segundo grupo inclui termos relacionados a abordagens. Dentro dos grupos foi usado o operador OR para permitir sinônimos. A seguinte expressão de busca foi utilizada:

("ontology interoperability") OR ("ontology integration") OR ("ontology merging") AND (("approach") OR ("method") OR ("framework") OR ("strategy") OR ("process"))).

Para estabelecer essa expressão de busca foram realizados alguns testes usando diferentes termos, conectores lógicos e combinações entre eles. Expressões de busca mais restritivas excluíram algumas publicações importantes identificadas durante a revisão de literatura informal que precedeu o mapeamento sistemático. Essas publicações foram usadas como publicações de controle, significando que a expressão de busca deveria ser capaz de retorná-las. Decidiu-se usar uma expressão de busca mais abrangente, pois ela forneceu melhores resultados em termos de número e relevância das publicações selecionadas, apesar de terem sido selecionadas muitas publicações que tiveram de ser eliminadas em etapas subsequentes.

Seis bibliotecas digitais foram usadas como **fonte das publicações**: IEEE Xplore (ieeexplore.ieee.org), ACM Digital Library (dl.acm.org), Engineering Village (www.engineeringvillage.com), Web of Science (webofscience.com), Science Direct (www.sciencedirect.com) e Scopus (www.scopus.com). Essas bibliotecas foram selecionadas, pois têm demonstrado boa cobertura de publicações em estudos secundários registrados na literatura e em estudos realizados no NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias), grupo de pesquisa no qual este trabalho foi desenvolvido.

O **procedimento de seleção das publicações** foi realizado em quatro etapas:

Etapa 1 - *Seleção Primária e Catalogação*: a expressão de busca foi aplicada nos mecanismos de pesquisa das bases selecionadas. O tipo de publicação foi limitado a artigos da área de Computação.

Etapa 2 - *Remoção de Duplicações*: estudos indexados por mais de uma biblioteca digital foram identificados e as duplicações foram removidas.

Etapa 3 - *Seleção de Publicações Relevantes - 1º Filtro*: o título, resumo e palavras-chave das publicações selecionadas foram analisados considerando-se os seguintes critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE): (CI1) a publicação apresenta uma abordagem para integração de ontologias em nível conceitual; (CE1) a publicação não está escrita em inglês; (CE2) a publicação não possui um resumo; (CE3) a publicação é uma cópia ou uma versão antiga de uma publicação já selecionada; (CE4) a publicação não é um estudo primário; (CE5) o estudo foi publicado somente como um resumo.

Etapa 4 - *Seleção de Publicações Relevantes - 2º Filtro*: o texto completo das publicações selecionadas na Etapa 3 foi lido com o propósito de identificar aqueles que forneciam informação útil. Dessa forma, os critérios de seleção anteriormente mencionados foram considerados, acrescentando-se o seguinte critério de exclusão: (CE6) o texto completo da publicação não está disponível.

As publicações selecionadas ao longo do procedimento de seleção das publicações foram registradas em uma planilha, tendo sido armazenados o título da publicação, ano, autores e informações sobre o veículo onde foi publicada (nome da conferência ou do periódico, local da conferência, volume do periódico, páginas, etc.).

O **procedimento de coleta de dados** consistiu em extrair dados das publicações para cada questão de pesquisa e registrá-los em um formulário projetado como uma planilha. A extração e o armazenamento dos dados foram realizados pela autora deste trabalho.

Visando à garantia de qualidade, após a extração e armazenamento dos dados, foi conduzida a **validação dos dados**, na qual a orientadora deste trabalho executou todos os passos do procedimento de seleção de publicações e revisou os resultados de cada etapa, bem como os dados extraídos.

Uma vez validados os dados, foi conduzida a **análise e interpretação dos dados**. O procedimento consistiu em tabular os dados quantitativos, utilizar gráficos para representá-los e realizar análises estatísticas. Análises qualitativas foram realizadas considerando-se os achados, sua relação com as questões de pesquisa e o objetivo do estudo.

3.3 Execução do Estudo e Síntese dos Dados

O mapeamento sistemático considerou estudos publicados até novembro de 2017. Como resultado da primeira etapa (E1) foram obtidas 1816 publicações (229 da IEEE Xplore, 616 da Scopus, 49 da ACM, 57 da Science Direct, 512 da Engineering Village e 353 da Web of Science). Na segunda etapa (E2) foram eliminadas 1191 duplicações, restando 591 publicações. Após a terceira etapa (E3), 232 publicações foram selecionadas (uma redução de aproximadamente 61%). A grande redução de publicações na terceira etapa se deu pelo fato de a maioria das publicações retornadas

pela expressão de busca apresentar abordagens voltadas apenas para ontologias operacionais, ou seja, abordagens baseadas em aspectos relacionados à implementação e que, com isso, só podem ser aplicadas na integração de ontologias operacionais. Como esse não é o foco do estudo, essas publicações foram eliminadas. Após a quarta etapa (E4) foram selecionadas 15 publicações. A Figura 3.1 ilustra o processo seguido para a seleção das publicações.

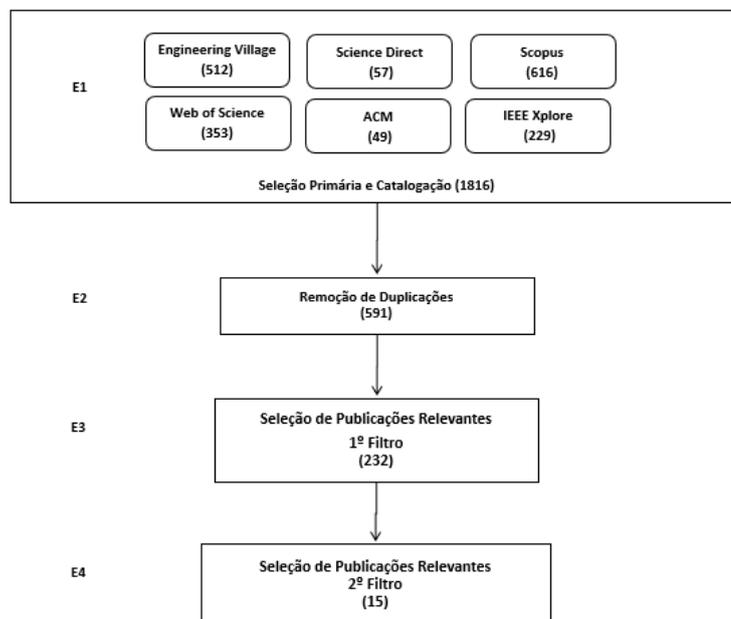


Figura 3.1 - Processo de seleção de publicações.

A Tabela 3.2 apresenta as 15 publicações resultantes de E4, ou seja, as publicações que foram selecionadas para a extração de dados.

Tabela 3.2 – Publicações selecionadas.

Título	Autores	Ano	Dados da Publicação
A unified semantic ontology for energy management applications	Cuenca, J., Larrinaga, F., Curry, E.	2017	2nd International Workshop on Ontology Modularity, Contextuality, and Evolution (WOMoCoE 2017).
OIM-SM: A method for ontology integration based on semantic mapping	Zhang, L., Ren, J., Li, X.	2017	Journal of Intelligent and Fuzzy Systems 32 p. 1983-1995.
Integration of ontologies in scope of model and conceptual semantics: Modified approach	Bova, V.V., Kureichik, V.V., Lezhebokov, A.A.	2015	9th IEEE International Conference Application of Information and Communication Technologies-AICT 2015, pp. 156-160.
An intelligent system approach for integrating anatomical ontologies	Petrov, P., Krachunov, M., Todorovska, E., Vassilev, D.	2012	Biotechnology & Biotechnological Equipment 26(4):3173-3181 DOI10.5504/BBEQ.2012.0010

Tabela 3.2 – Publicações selecionadas. (cont.)

Título	Autores	Ano	Dados da Publicação
An approach to ontologies integration	Lv, Y.	2011	Proceedings of Eighth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD2011), pp. 1262-1266.
CreaDO - A Methodology to Create Domain Ontologies Using Parameter-Based Ontology Merging Techniques	Juárez, S.P., Esquivel, H.E., Rebollar, A.M., Suárez-Figueroa, M.C.	2011	10th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, pp. 23-28. doi: 10.1109/MICAI.2011.39
An Integration-oriented Ontology Development Methodology to Reuse Existing Ontologies in an Ontology Development Process	Leung, N.K., Lau, S.K., Fan, J., Tsang, N.	2011	The 13th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2011) pp. 174-181.
Geo-ontology integration based on category theory	Hu, L., & Wang, J.	2010	International Conference on Computer Design and Applications (ICDA2010) 1, V1-5-V1-8.
Tool support for the integration of light-weight ontologies	Heer, T., Retkowitz, D., Kraft, B.	2009	Enterprise information system, p. 175–187
Ontology-Based Knowledge Integration for Distributed Product Knowledge Service	Chen, Y., Chen, Y., Wen, C., Chu, H.	2009	Proc. of the World Congress on Engineering and Computer Science 2009, vol II. WCECS 2009, pp. 1197-1202.
A proposal for a geographic ontology merging methodology	Chaabane, S., Jaziri, W., & Gargouri, F.	2009	International Conference on the Current Trends in Information Technology (CTIT), pp. 1-6. doi: 10.1109/CTIT.2009.5423116
Constructing an enterprise ontology for an automotive supplier	Blomqvist, E., Öhgren, A.	2008	Engineering Applications of Artificial Intelligence, v.21 n.3, p.386-397. [doi>10.1016/j.engappai.2007.09.004]
Generating new service concepts based on ontology integration	Geum, Y., Suh, Y., Park, Y., Oh, H.	2008	Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT), Bangkok, Thailand
A New Method for Ontology Merging based on Concept using WordNet	Cho, M., Kim, H., Kim, P.	2006	8th International Conference Advanced Communication Technology, vol. 3, pp. 1573-1576.
A Methodology for Ontology Integration	Pinto, H.S., Martins, J.P.	2001	Proceedings of the 1st international conference on Knowledge capture, [doi>10.1145/500737.500759]

A seguir são apresentados os principais resultados obtidos considerando-se cada questão de pesquisa (QP).

QP1. Quais abordagens de integração de ontologias em nível conceitual são apresentadas na literatura?

A Tabela 3.3 apresenta um resumo das abordagens de integração de ontologias em nível conceitual encontradas no estudo.

Tabela 3.3 – Abordagens de Integração encontradas.

Id	Referência	Descrição
[1]	(PINTO; MARTINS, 2001)	Propõe um processo de integração de ontologias que foca nas atividades necessárias para integração. Pode ser usado combinado com outros métodos para construir ontologias quando ainda não se possui as ontologias a serem integradas.
[2]	(MIYOUNG <i>et al.</i> , 2006)	Abordagem de <i>merging</i> de ontologias que considera integração vertical e horizontal e usa WordNet.
[3]	(BLOMQUIST; ÖHGREN, 2008)	Método de engenharia de ontologias para o domínio de fornecedores automotivos. Considera o desenvolvimento de uma ontologia a partir da integração de outras duas, sendo uma desenvolvida manualmente e outra automaticamente.
[4]	(GEUM <i>et al.</i> , 2008)	Abordagem para gerar novos conceitos relacionados a serviços a partir da integração de ontologias. Inclui três etapas: construção de ontologias de serviços, integração de ontologias e geração de novos conceitos de serviços.
[5]	(CHÂABANE <i>et al.</i> , 2009)	Método de <i>merging</i> de ontologias geográficas que consiste em três fases. A primeira fase consiste em determinar as correspondências n-árias entre as ontologias; a segunda fase consiste em determinar mapeamentos entre os conceitos das ontologias candidatas; a terceira fase consiste no <i>merging</i> baseado em regras e produz a ontologia global mais rica espacialmente e semanticamente.
[6]	(CHEN <i>et al.</i> , 2009)	<i>Framework</i> baseado em serviços web para integração de conhecimento a partir da integração de ontologias.
[7]	(HEER <i>et al.</i> , 2009)	Abordagem para integração interativa de ontologias, onde várias ontologias diferentes podem ser mescladas em uma usando correspondências semânticas. Baseia-se no pressuposto de que todas as ontologias usam uma ontologia comum de alto nível.
[8]	(HU; WANG, 2010)	Abordagem que apresenta heurísticas/ algoritmos de <i>merging</i> para ontologias de geologia com base em teoria de categorias.
[9]	(JUÁREZ <i>et al.</i> , 2011)	Método para construção de ontologias baseado em reutilização. Recebe como entrada um conjunto de ontologias fonte e um parâmetro de <i>merging</i> e produz como saída uma ontologia de domínio que representa todo o conhecimento das ontologias fonte relacionado ao parâmetro de <i>merging</i> .
[10]	(LEUNG <i>et al.</i> , 2011)	Método de desenvolvimento de ontologias que integra métodos de reutilização e um sistema para apoiar a integração.
[11]	(LV, 2011)	Abordagem que combina heurística/ algoritmo de integração e medidas de similaridade para integrar ontologias.
[12]	(PETROV <i>et al.</i> , 2012)	Sistema inteligente que apoia o <i>merging</i> de ontologias anatômicas. Baseia-se em modelos de grafo acíclico direcionado e três heurísticas/ algoritmos.
[13]	(BOVA <i>et al.</i> , 2015)	Abordagem para integrar ontologias para apoiar interoperabilidade de dados e representação de conhecimento em sistemas de informação inteligentes.

Tabela 3.3 – Abordagens de Integração encontradas. (cont.)

Id	Referência	Descrição
[14]	(CUENCA <i>et al.</i> , 2017)	Trata de integração no âmbito da rede de ontologia OEMA (Ontologia para Aplicações de Gerenciamento de Energia), que é formada por oito ontologias de domínio interconectadas.
[15]	(ZHANG <i>et al.</i> , 2017)	Método de integração de ontologias que considera três processos e mapeamento semântico para integrar duas ontologias.

QP2. Quando e em que tipo de veículo (periódico/ evento científico) as publicações foram publicadas?

As publicações encontradas foram publicadas entre 2001 e 2017, com algumas lacunas, como mostra a Figura 3.2. Quanto ao veículo de publicação, 4 estudos (27%) foram publicados em periódicos, 10 estudos (66%) foram publicados em conferências e 1 (7%) em *workshops*.

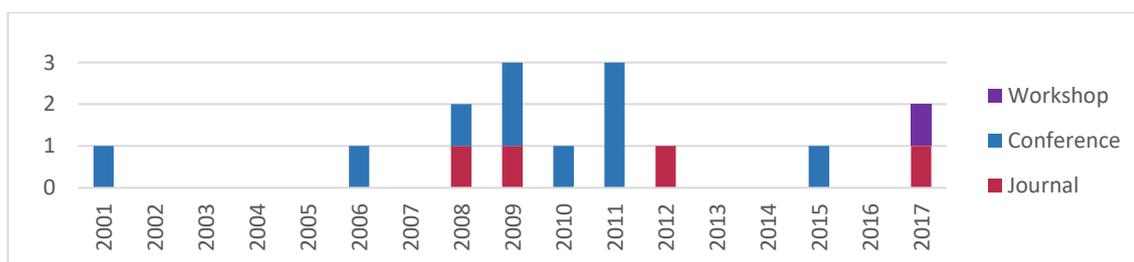


Figura 3.2 – Ano e veículo das publicações.

QP3. Que tipos de pesquisas foram realizadas?

Seguindo a classificação sugerida por Wieringa *et al.* (2006) e considerando-se que uma mesma publicação pode ser classificada em mais de um tipo, todas as publicações analisadas são Propostas de Solução e 8 delas (53%) ([3], [4], [7], [8], [9], [11], [12], [15]) são também Pesquisas de Validação, devido ao uso de prova de conceito, experimento, protótipo ou algo similar para avaliar a proposta. Nenhuma publicação foi classificada como Pesquisa de Avaliação, o que significa que nenhuma das propostas foi aplicada em um ambiente real.

QP4. Qual é o princípio básico da abordagem de integração de ontologias?

As principais categorias de princípios adotados nas abordagens de integração investigadas foram: cálculo de similaridade, mapeamentos semânticos e operações de integração. Cálculo de similaridade diz respeito ao uso de heurísticas para cálculo de proximidade entre nomes, estruturas ou atributos de conceitos para determinar equivalência. Mapeamentos semânticos dizem respeito a encontrar relações semânticas entre os conceitos, ou seja, relações que indiquem o grau de proximidade entre os conceitos de forma qualitativa. Operações de integração indicam operações a serem realizadas na terminologia, definição e documentação de conceitos para que a ontologia integrada seja consistente, assim, os conceitos são comparados em relação a esses aspectos.

Cinco abordagens (33%) ([6], [10], [11], [13], [15]) usam cálculo de similaridade, sete abordagens (47%) ([4], [5], [7], [8], [9], [12], [14]) usam mapeamentos semânticos, as abordagens [1] e [3] (13%) aplicam operações de integração e a abordagem [2] (7%) usa cálculo de similaridade e mapeamentos semânticos. A Figura 3.3 sumariza os dados relativos ao princípio básico das abordagens de integração.

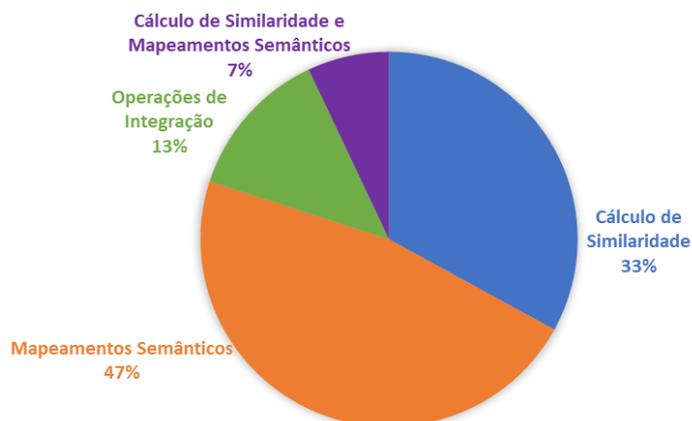


Figura 3.3 – Princípio básico das abordagens

QP5. Quais são os passos da abordagem de integração de ontologias? Eles são explicitamente definidos?

Apenas a abordagem [2] não apresenta etapas explicitamente definidas, o que indica que tem havido preocupação em orientar a integração das ontologias de forma sistemática. A Tabela 3.4 apresenta os passos de cada abordagem.

Tabela 3.4 – Passos das abordagens.

Id	Passos
[1]	Identificação da possibilidade de integração, Identificação de módulos; Identificação de premissas e compromissos ontológicos, Identificação do conhecimento a ser representado, Identificação de ontologias candidatas, Obtenção de ontologias candidatas, Estudo de ontologias candidatas, Escolha de ontologias candidatas mais adequadas, Aplicação de operações de integração, Análise de ontologia resultante
[3]	Adição de conceitos de nível de topo de ambas as ontologias, Adição de conceitos intermediários, Adição de conceitos mais específicos, Adição de conceitos intermediários, Inclusão de relações e atributos
[4]	Encontrar conceitos/descrições das ontologias de serviço a serem integrados, Criar novos relacionamentos com as descrições e conceitos relacionados
[5]	Encontrar correspondências, Mapeamento, <i>Merging</i>
[6]	Receber ontologias a serem integradas, Realizar cálculo de similaridade dos conceitos das ontologias, Mesclar os conceitos de topo da ontologia, Mesclar conceitos subsequentes
[7]	Alinhamento de ontologias, <i>Merging</i> de ontologias

Tabela 3.4 – Passos das abordagens. (cont.)

Id	Passos
[8]	Estabelecer as relações semânticas entre duas ontologias geológicas de entrada, Mesclar conceitos sinônimos na interseção como um novo conceito, Adicionar outros conceitos das ontologias de entrada que não pertencem à interseção semântica, Adicionar relação semântica (hipônimo) na interseção semântica, Adicionar as relações semânticas que não pertencem às ontologias de entrada na ontologia final
[9]	Avaliação das ontologias fonte, Definição do parâmetro de <i>merging</i> , Mapeamento das equivalências entre as ontologias, Filtragem do mapeamento, <i>Merging</i> de ontologias usando resultados da filtragem.
[10]	Identificar ontologias candidatas, Avaliar conceitos de cada ontologia candidata em cada categoria, Identificar ontologia fonte e seus módulos de conhecimentos para cada categoria, Modificar módulos de conhecimento, Identificar pontos de conexão, Construir ontologia básica, Integrar módulos de conhecimento em uma ontologia única
[11]	Identificar alinhamentos entre entidades relacionadas que são semanticamente correlatas, Encontrar porções das ontologias que se sobrepõem e integrar ontologias, Realizar poda da ontologia integrada através de detecção de redundância, Checar consistência da ontologia integrada
[12]	Mapear as duas ontologias de entrada, Mesclar ontologias de entrada em uma super ontologia
[13]	Comparação de ontologias, Integração de conceitos, Checagem dos resultados, Interpretação, Combinação das ontologias
[14]	Definição da estrutura da ontologia, Seleção das ontologias para reúso, Adição de novas informações na ontologia, Integração das ontologias
[15]	Cálculo de similaridade semântica, <i>Merging</i> de conceitos, Construção de um modelo de conhecimento baseado em rede, Decomposição do modelo em blocos, Reconstrução de cada bloco pelos mapeamentos semânticos entre conceitos, Geração da ontologia integrada

QP6. A abordagem de integração de ontologias refere-se à integração de ontologias, merging de ontologias ou ambos?

A Tabela 3.5 apresenta as publicações cujas abordagens propostas tratam de integração de ontologias, *merging* ou ambos.

Tabela 3.5 – Abordagens de integração de ontologias

Abordagens de Integração	% de Publicações	Publicações
Integração de Ontologias	33%	[1], [6], [11], [13], [15]
<i>Merging</i> de Ontologias	60%	[2], [3], [4], [5], [7], [8], [9], [12], [14]
Ambas	7%	[10]

QP7. A abordagem de integração de ontologias está relacionada a algum método de engenharia de ontologias? Se sim, qual é o método de engenharia de ontologia e como a abordagem de integração de ontologias se relaciona com ele?

12 publicações (80%) apresentam propostas que limitam-se a tratar o problema de integração de forma mais isolada (dadas duas ontologias, como integrá-las) e não estão relacionadas a métodos mais amplos de desenvolvimento de ontologias. As propostas apresentadas em 3 publicações (20%) apresentam abordagens que estão relacionadas a métodos mais amplos de desenvolvimento de ontologias. A Tabela 3.6 indica quais são essas publicações, a quais métodos de engenharia de ontologias se relacionam e como se relacionam.

Tabela 3.6 – Relacionamento entre abordagens de integração e métodos de engenharia de ontologias.

Id	Método de Engenharia de Ontologias	Relação entre eles
[3]	Método de engenharia de ontologias do projeto SEMCO, que envolve desenvolvimento de ontologias, avaliação de ontologias, e <i>merging</i> de ontologias.	A abordagem de integração se refere à etapa <i>Merging</i> de ontologias no método de engenharia de ontologias.
[10]	Método de Desenvolvimento de Ontologias Orientado à Integração (MIOD), que inclui preparação, análise, projeto, implementação e manutenção.	A abordagem de integração ocorre no âmbito de análise, projeto e implementação.
[14]	Método que inclui definição de requisitos, seleção de ontologias para reúso, implementação, integração de ontologias e avaliação de ontologias.	As atividades da abordagem de integração ocorrem no âmbito da definição de requisitos (definição da estrutura da ontologia), seleção de ontologias para reúso e integração

QP8. A abordagem de integração de ontologias é guiada por objetivos?

Nenhuma das abordagens investigadas considera o uso de objetivos para auxiliar na integração de ontologias.

QP9. A abordagem de integração de ontologias usa questões de competência?

Apenas um estudo (7%) ([10]) usou questões de competência na abordagem de integração.

QP10. A abordagem de integração de ontologias considera a existência de ontologias pré-selecionadas ou a abordagem auxilia na seleção das ontologias a serem integradas?

12 abordagens (80%) consideram ontologias pré-selecionadas para integração, ou seja, partem do princípio de que há ontologias que precisam ser integradas e focam em resolver questões mais específicas do problema de integração (p.ex., como calcular similaridade entre os conceitos). Três abordagens (20%) ([1], [10], [14]) incluem passos referentes à seleção das ontologias a serem integradas.

QP11. A abordagem de integração de ontologias aborda a integração apenas no nível conceitual ou também no nível operacional?

14 publicações (93%) tratam integração tanto no nível conceitual quanto no operacional, o que significa que essas abordagens apoiam integração de ontologias tanto em uma visão conceitual quanto em formato operacional. A abordagem apresentada em [1] é a única que aborda integração apenas no nível conceitual.

QP12. A abordagem de integração de ontologias é uma solução automática, semiautomática ou não automática?

Seis abordagens (40%) ([8], [9], [11], [12], [13], [15]) fornecem uma solução automática, não requerendo intervenção humana para conduzir a integração. Quatro abordagens (27%) ([2], [7], [10], [14]) fornecem uma solução semiautomática, onde há necessidade de alguma intervenção humana durante o processo de integração. Três abordagens (20%) ([1], [3], [5]) não proveem assistência computacional. Em duas das publicações selecionadas (13%) ([4], [6]) não foi possível concluir se há ou não assistência computacional. A Figura 3.4 ilustra o tipo das abordagens de integração quanto à sua natureza.

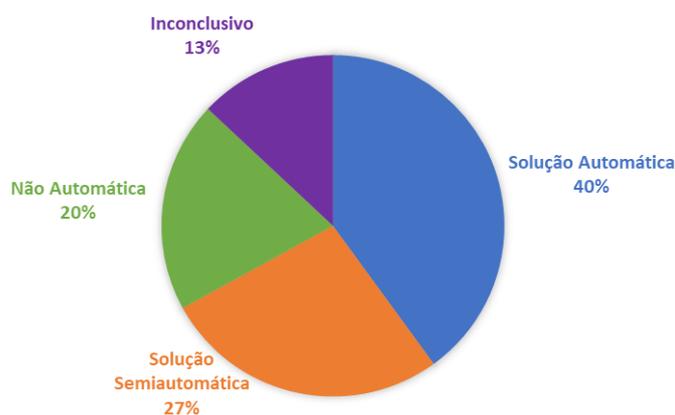


Figura 3.4 – Tipos das abordagens quanto à natureza

QP13. Que tipos de relações semânticas entre conceitos são abordados na abordagem de integração?

A Tabela 3.7 apresenta os relacionamentos semânticos considerados nas abordagens de integração investigadas. Na tabela, relacionamentos semanticamente equivalentes são listados separados pelo caracter “/”.

Tabela 3.7 – Relacionamentos semânticos endereçados pelas abordagens de integração.

Relacionamentos Semânticos	Publicações
Equivalência/Sinônimo/Identidade Semântica	[2], [4], [5], [7], [8], [9], [11], [12], [13], [15]
Especialização/Hipônimo/ <i>Subsumption</i> e Generalização/Hiperônimo	[2], [6], [7], [8], [11], [13], [14]

Tabela 3.7 – Relacionamentos semânticos endereçados pelas abordagens de integração. (cont.)

Relacionamentos Semânticos	Publicações
Parte-de/Todo-Parte	[4], [8], [12]
<i>Overlap</i> /Parcialmente equivalente	[2], [6], [7], [13],
Disjunto	[2], [7],
Dependência	[8],
Identidade Espacial	[5]
Não Definido	[1], [3], [10]

3.4 Discussões

Nesta seção são feitas algumas discussões sobre os resultados apresentados na seção anterior.

Analisando-se a distribuição das publicações ao longo dos anos (QP2) percebe-se que, embora venha havendo pesquisas relacionadas à integração em nível conceitual desde 2001, as publicações não têm tido regularidade. Além disso, considerando-se os tipos de veículos em que os estudos foram publicados (QP2) e os tipos de pesquisa realizados (QP3), pode-se inferir que o tópico investigado neste mapeamento tem sido explorado e discutido com pouco grau de maturidade. Usualmente, periódicos exigem trabalhos mais maduros e a distribuição não homogênea dos estudos entre eventos científicos (73%) e periódicos (27%) pode ser entendida como um sinal de que há necessidade de pesquisas e concordâncias mais profundas na área. Além disso, a falta de estudos que apresentem Pesquisa de Avaliação indica a dificuldade de levar as abordagens de integração de ontologias para o campo da prática, limitando o uso e aprimoramento das abordagens a análises acadêmicas.

No que diz respeito ao princípio básico das abordagens (QP4), a maioria das abordagens se preocupou em encontrar similaridades entre os conceitos ou relacionamentos semânticos entre os conceitos. O cálculo de similaridade é útil para encontrar relações entre os conceitos utilizando heurísticas computacionais. Já os relacionamentos semânticos são obtidos de forma mais direta, comparando diretamente os significados dos conceitos. Esses resultados apontam para a existência de preocupação em estabelecer relações entre os conceitos das ontologias, o que é muito importante para a realização da integração.

Com relação aos passos das abordagens (QP5), percebe-se que alguns passos são comuns a várias abordagens, tais como passos referentes à identificação de mapeamentos entre conceitos e à integração propriamente dita ou *merging* dos conceitos. Sendo essas atividades centrais em um processo de integração, não é surpresa que elas estejam presentes na maioria das abordagens investigadas. Nota-se, também, que as abordagens de integração em um processo mais amplo de desenvolvimento de ontologias incluem uma preocupação adicional, incluindo atividades para busca e seleção de ontologias a serem integradas. Percebe-se, ainda, que poucas abordagens (apenas [1],

[11] e [14]) preocupam-se com a avaliação da ontologia, mesmo sendo esta uma atividade importante da engenharia de ontologias, e apenas duas ([1] e [10]) consideram modularização, aspecto importante para gerenciar complexidade de ontologias.

Considerando-se o tipo de abordagem de integração (QP6), a predominância de *merging* pode se dar por duas razões principais: (i) abordagens que focam em problemas mais específicos da integração podem se limitar a tratá-los no âmbito do *merging* das ontologias, ou seja, não tratando inclusão de outros conceitos na ontologia integrada; e (ii) *merging* pode ser entendido como um dos passos para integração, ou seja, a integração de ontologias é uma atividade maior que a atividade de *merging*, uma vez que após realizar o *merging* de ontologias, pode-se acrescentar novos conceitos à ontologia resultante.

No que diz respeito à relação das abordagens com métodos mais amplos de desenvolvimento de ontologias (QP7), percebe-se que a maioria das abordagens não está preocupada com todo o processo de desenvolvimento de uma ontologia propriamente dito, mas sim, em resolver um problema específico através da integração de ontologias. Como consequência, essas abordagens ignoram passos importantes presentes em métodos de engenharia de ontologias, como elicitação de requisitos, *design*, teste e avaliação.

A ausência do uso de objetivos para auxiliar no processo de integração (QP8), também aponta para o fato de que a maioria das abordagens integra ontologias para resolver um problema específico e, muitas vezes, o propósito da abordagem se limita a integrar ontologias já conhecidas para obter uma ontologia integrada que possa ser usada em um contexto específico (por exemplo, em uma aplicação computacional). Em outras palavras, o propósito dessas abordagens era resolver um problema e, para isso, era necessário integrar certas ontologias. Essa percepção pode ser corroborada pelos resultados relacionados a QP10, que indicam que a maior parte (80%) das abordagens consideram que as ontologias a serem integradas já foram selecionadas.

Além disso, uma vez que a maioria das abordagens não inclui passos para se identificar os objetivos da integração, é natural que elas também não estejam preocupadas com a definição do escopo da integração. Isso pode ser visto nos resultados relacionados à QP9, que mostram que somente uma das abordagens adota questões de competência, que é uma forma de estabelecer o escopo de uma ontologia.

Os resultados relacionados a QP8, QP9 e QP10 sinalizam que, embora a integração de ontologias deva ser vista como um meio para alcançar um objetivo, as próprias abordagens não estão preocupadas tratar esse objetivo no processo de integração.

Com relação aos níveis tratados pelas abordagens de integração (QP11), percebe-se uma maior preocupação com o desenvolvimento de abordagens de integração que possam ser utilizadas

em ontologias operacionais. Uma vez que a maioria das publicações analisadas inclui abordagens que foram definidas para tratar situações específicas, muitas vezes relacionadas a aplicações computacionais, não é surpresa a preocupação com o nível operacional. Essa preocupação provavelmente também é reforçada pelo fato de que a maioria das ontologias disponíveis na Web e utilizadas para formar a *Semantic Web* estão disponíveis somente em sua forma operacional e, com o crescimento da *Semantic Web*, cresce também a necessidade de integrar essas ontologias.

A predominância de soluções automáticas ou semiautomáticas para a integração de ontologias (QP12) está alinhada com a discussão referente à QP11. Como a integração de ontologias pode se tornar um processo custoso caso as ontologias a serem integradas sejam grandes ou complexas, as abordagens focam em automatizar ao máximo o processo e requisitar dos usuários o mínimo de intervenção possível.

Por fim, em se tratando de tipos de relações semânticas (QP13), nota-se que as abordagens tratam poucos tipos de relações. Inclusive, há abordagens que utilizam somente relações de equivalência, o que torna a abordagem fraca em termos de possibilidades de mapeamento entre as ontologias. Considerar apenas relações de equivalência leva ao não mapeamento de conceitos importantes somente porque a sobreposição de definições e propriedades entre os conceitos não é completa, ou seja, conceitos com partes em comum não seriam mapeados pois a relação de equivalência não cobriria todas as propriedades dos conceitos.

Uma das razões de algumas abordagens considerarem apenas relações de equivalência é o foco em soluções operacionais, nas quais implementar heurísticas para encontrar mapeamentos de equivalência é mais simples que implementar heurísticas para os outros tipos de mapeamentos. Porém, o ideal seria que as abordagens de integração tratassem uma maior diversidade de relações semânticas, para tornar possível realizar adequadamente os mapeamentos entre as ontologias a serem integradas.

3.5 Limitações do Estudo

Geralmente, ao realizar estudos secundários, pesquisadores precisam tomar muitas decisões e realizar muitos julgamentos. As decisões tomadas e julgamentos feitos influenciam nos resultados do estudo, tanto em termos de quais publicações são selecionadas quanto das conclusões obtidas (WOHLIN *et al.*, 2012). Assim, como em qualquer estudo, o estudo apresentado neste capítulo apresenta algumas limitações.

Alguns dos desafios que podem atingir os pesquisadores durante um mapeamento sistemático são: (i) como selecionar uma fonte abrangente e relevante de publicações; (ii) como aplicar consistentemente os critérios de inclusão/exclusão; (iii) como classificar os dados e como

interpretá-los. Neste estudo esses desafios foram vivenciados e algumas ações foram realizadas visando minimizar sua influência nos resultados.

Em relação a (i), neste estudo foram consideradas seis bibliotecas digitais como fonte de publicações. Elas foram selecionadas com base em outros estudos secundários registrados na literatura, bem como em outros estudos secundários realizados no grupo de pesquisa no qual este trabalho foi desenvolvido (NEMO¹). Embora este conjunto de bibliotecas digitais represente uma fonte abrangente de publicações, a exclusão de outras fontes e o fato de não ter sido realizado *snowballing* podem ter deixado de fora da análise algumas publicações valiosas.

Quanto a (ii), como dito anteriormente, a seleção de publicações e a extração de dados foram inicialmente realizadas pela autora deste trabalho e alguma subjetividade pode ter sido incorporada, especialmente no que diz respeito à abordagem tratar ou não o nível conceitual. As informações contidas nas publicações poderiam levar a uma percepção equivocada sobre esse aspecto. Para reduzir essa subjetividade, a orientadora deste trabalho revisou toda a seleção de publicações e extração de dados e, em caso de discordância ou possível viés, foram realizadas discussões até se chegar a um consenso.

No que diz respeito à seleção feita a partir da *string* de busca, problemas terminológicos podem ter levado a perder algumas publicações. Para minimizar essa possibilidade, foram realizadas simulações com variações da *string* até a obtenção da que foi utilizada. A aplicação da *string* de busca ao mecanismo das bibliotecas digitais também pode interferir nas publicações retornadas. Primeiro, porque é necessário adaptar a sintaxe da *string*. A adaptação pode resultar em uma *string* de pesquisa diferente. A *string* usada no estudo é muito simples, então eliminou-se o risco de cometer erros ao adaptá-la para cada mecanismo. Segundo, devido a problemas ou alterações nos mecanismos. Durante este estudo não ocorreram mudanças nos mecanismos de busca das bibliotecas utilizadas, porém é uma possibilidade real visto que mecanismos de busca sempre sofrem alterações em suas interfaces ou em suas funções.

Em relação à (iii), para cada questão de pesquisa foi definido um esquema de classificação. Algumas categorias foram baseadas em classificações previamente propostas na literatura (por exemplo, tipo de pesquisa utilizou a classificação definida em (WIERINGA *et al.*, 2006)). Outras categorias foram estabelecidas durante a extração de dados, com base nos dados fornecidos pelas publicações analisadas (por exemplo, tipos de relacionamentos entre conceitos e tipos de abordagens quanto ao seu princípio básico). Determinar as categorias e como as publicações se encaixam nelas

¹ Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias – www.nemo.inf.ufes.br

envolve muito julgamento. Mesmo a extração de dados e sua classificação tendo sido realizadas pela autora deste trabalho e revistas pela orientadora, é possível que outros pesquisadores obtivessem diferentes resultados.

Embora várias ações tenham sido realizadas visando à diminuição das limitações do estudo, elas ainda se fazem presentes e devem ser consideradas junto com os resultados obtidos.

3.6 Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo apresentou um mapeamento sistemático que investigou abordagens de integração de ontologias em nível conceitual. Um total de 591 publicações foram analisadas e 15 publicações foram selecionadas.

Antes de realizar o mapeamento sistemático, investigou-se a literatura buscando-se estudos secundários sobre integração de ontologias. Não tendo sido encontrado nenhum estudo secundário sobre o tópico de pesquisa desejado, decidiu-se por realizar o mapeamento sistemático da literatura.

Os resultados do mapeamento proveem um panorama das pesquisas relacionadas ao tópico investigado. Resumindo, abordagens de integração, mesmo tratando o nível conceitual, têm considerado (e focado), também, o nível operacional. A maior parte das abordagens tem sido proposta para tratar situações específicas ou problemas específicos de integração. Tem havido preocupação em definir um processo sistemático para guiar a integração, mas, no entanto, na maior parte das vezes, o processo de integração não é inserido em um processo mais amplo de desenvolvimento de ontologias e considera a integração de ontologias pré-selecionadas, sem abordar busca e seleção de ontologias. Objetivos e questões de competência não têm sido utilizados para auxiliar na integração de ontologias. Por fim, abordagens têm considerado poucos tipos de relacionamentos semânticos, o que tende a limitar o mapeamento e integração de ontologias.

Assim, os resultados deste mapeamento apontam algumas lacunas no contexto de integração de ontologias em nível conceitual: *(i)* falta de preocupação com a definição de escopo da ontologia integrada antes da realização do processo de integração; *(ii)* falta de preocupação com os objetivos que a ontologia integrada deve alcançar; *(iii)* falta de preocupação com busca e seleção de ontologias para integração; *(iv)* uso limitado de relacionamentos semânticos para realizar o mapeamento entre ontologias; e *(v)* carência de processos de desenvolvimento baseados em integração que tratem do desenvolvimento de uma ontologia integrada considerando-se as etapas fundamentais da engenharia de ontologias.

Considerando-se essas lacunas, neste trabalho é proposta uma abordagem sistemática para desenvolvimento de ontologias baseado em integração e orientada a objetivos, a qual é apresentada no próximo capítulo.

Capítulo 4

Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração

Este capítulo apresenta a abordagem proposta nesta dissertação. A seção 4.1 apresenta a introdução ao capítulo, a seção 4.2 apresenta a abordagem proposta, descrevendo o processo e suas atividades, a seção 4.3 apresenta os trabalhos correlatos, e, por fim, a seção 4.4 apresenta as considerações finais do capítulo.

4.1 Introdução

Conforme já discutido neste trabalho, engenheiros de ontologias enfrentam dificuldades para reutilizar ontologias. Dentre elas destacam-se o tamanho e a complexidade das ontologias existentes e potenciais candidatas ao reúso, a obscuridade do *design rationale* na maioria das ontologias e a fragilidade das ferramentas de apoio ao engenheiro de ontologias (GANGEMI; PRESUTTI, 2009).

Dada a importância do reúso no desenvolvimento de ontologias, algumas abordagens de engenharia de ontologias, como SABiO (FALBO, 2014) e NeOn (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012), incluem atividades de reúso de ontologias ou recursos ontológicos como parte do processo de desenvolvimento de ontologias. Porém, há pouco foco em como realizar essas atividades.

SABiO inclui reúso como um processo de apoio ao processo de desenvolvimento de ontologias, no qual podem ser utilizadas técnicas de *merging*, *mapping* e reengenharia de ontologias, para reúso de ontologias de domínio; especialização, para reúso de *core ontologies*; e especialização, analogia e análise ontológica, para reúso de ontologias de fundamentação. Além disso, o uso de padrões de projeto de ontologias (*ontology design patterns* - ODPs) também é apontado como uma forma válida de reúso.

NeOn vai além, defendendo que um processo de desenvolvimento de ontologias que apoia o reúso de recursos ontológicos deve também possuir atividades voltadas para busca, avaliação, comparação e seleção das ontologias a serem reutilizadas. Após a realização dessas atividades, devem ser realizadas atividades de alinhamento (*ontology alignment*) ou *merging* de ontologias (*ontology merging*). No entanto, não são fornecidas orientações sobre como essas atividades devem ser realizadas. Além disso, em ambas as abordagens não há indicações de como analisar o *design rationale* por trás das

ontologias que serão reutilizadas, o que leva seus processos de reuso a serem voltados somente para a análise e manipulação do modelo conceitual das ontologias.

Conforme apresentado no Capítulo 2, modelagem de objetivos ajuda na identificação de requisitos provendo uma análise da dimensão social do domínio que está sendo modelado. Além disso, objetivos proveem um contexto rico para o entendimento e interpretação de requisitos uma vez que eles se relacionam em um nível mais alto que o nível de negócio ou aplicação e também aprimoram a completude dos requisitos; objetivos explícitos podem revelar elementos faltantes que são necessários em adição aos requisitos identificados previamente (YU *et al.*, 2011). No âmbito da engenharia de ontologias, a modelagem de objetivos pode auxiliar a esclarecer o *design rationale* subjacente às ontologias, tanto das ontologias a serem reutilizadas quanto das ontologias que se deseja construir. Além disso, modelagem de objetivos pode ser útil na definição de requisitos, auxiliando em alguns pontos frágeis dessa atividade em abordagens de engenharia de ontologias existentes.

Pinto *et al.* (PINTO *et al.*, 1999 *apud* (PINTO; MARTINS, 2000)) apontam que integração é um processo que acontece durante todo o ciclo de vida do desenvolvimento de uma ontologia, em vez de ser um passo ou uma atividade desse processo. Outro importante argumento dos autores é que o processo de integração deve ser iniciado o mais cedo possível no ciclo de vida de desenvolvimento de ontologias para que este, como um todo, seja simplificado.

Assim, para auxiliar no desenvolvimento de ontologias a partir do reuso, neste trabalho propõe-se *Integra*, uma abordagem orientada a objetivos para desenvolvimento de ontologias baseado em integração. *Integra* utiliza modelagem de objetivos para auxiliar engenheiros de ontologias a desenvolver ontologias a partir da reutilização e integração de ontologias previamente desenvolvidas.

Integra foi desenvolvida com base nos princípios da modelagem de objetivos no apoio à engenharia de ontologias, bem como em abordagens de desenvolvimento de ontologias presentes na literatura, como SABiO (FALBO, 2014) e NeOn (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012), e em abordagens de integração de ontologias encontradas na literatura e descritas no Capítulo 3, tais como a apresentada em (PINTO; MARTINS, 2001). O perfil do usuário de *Integra* é formado por pessoas com experiência em desenvolvimento de ontologias e em modelagem de objetivos.

O uso de modelagem de objetivos em *Integra* visa auxiliar principalmente em dois aspectos: (i) a definição do escopo da ontologia a ser desenvolvida e (ii) a reutilização de ontologias existentes. No que diz respeito a (i), conforme argumentado em (FERNANDES *et al.*, 2011), modelos de objetivos são úteis na identificação das questões de competência que descrevem os requisitos de uma ontologia. Em relação a (ii), o uso de modelos de objetivos apoia o reuso através da ligação

entre objetivos e modelos de ontologias, o que permite que, considerando-se um dado objetivo, sejam identificadas as ontologias (ou fragmentos) capazes de atendê-lo. Uma vez que ao buscar ontologias para reuso existe a dificuldade de entender o escopo das ontologias encontradas e, principalmente, seu *design rationale*, o uso de objetivos pode demonstrar a razão pela qual as ontologias são criadas e por que são criadas da forma que são, facilitando o entendimento de seus requisitos e permitindo uma rastreabilidade entre os objetivos e as ontologias (ou fragmentos) que atendem a esses objetivos. Além disso, objetivos proveem uma visão detalhada do propósito da ontologia.

Na próxima seção, o processo para aplicação de *Integra* é apresentado e suas atividades são detalhadas.

4.2 *Integra*: Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração

Integra apresenta um processo que abrange sete fases: *Levantamento de Requisitos da Ontologia*, *Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas*, *Integração das Ontologias*, *Avaliação da Ontologia Integrada*, *Design*, *Implementação e Teste*. Os principais resultados da aplicação de *Integra* são uma ontologia de referência e uma ontologia operacional. Como mencionado no Capítulo 2, ontologias de referência são modelos conceituais que possuem como objetivo fazer a melhor descrição possível da realidade, ao passo que ontologias operacionais são construídas para serem interpretadas por máquinas.

Na Figura 4.1 é apresentada uma visão geral do processo de *Integra*. Nessa figura e nas demais que apresentam o processo de *Integra*, nós iniciais (círculos sólidos) representam pontos de entrada, ou seja, pontos que indicam o início do processo (ou atividade) sendo representado. Fluxos de controle (setas) representam a sequência das atividades. Retângulos com bordas arredondadas representam atividades. Quando eles possuem o símbolo  no canto inferior direito, representam atividades que são decompostas em outras. Retângulos com bordas retas representam artefatos, que podem ser insumos (quando são entrada para uma atividade) ou produtos (quando são saída de uma atividade). O uso de <<*changes*>> em um fluxo que sai de uma atividade e chega em um artefato indica que a execução da atividade provoca alguma alteração no artefato. Nós finais (círculos não sólidos) indicam o fim do processo (ou atividade) sendo descrito.

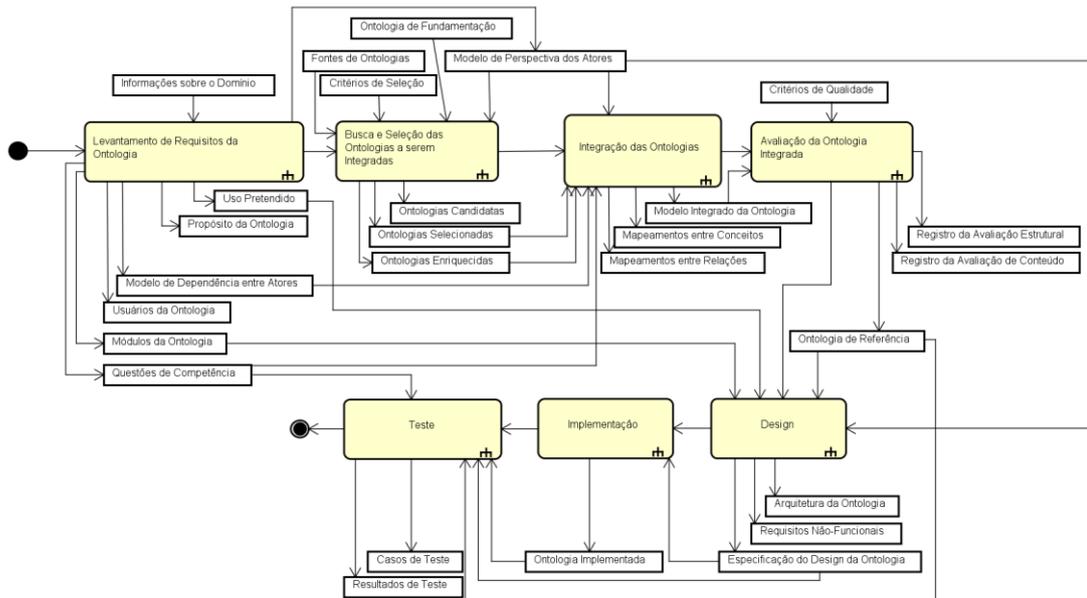


Figura 4.1 – Visão geral do processo de *Integra*.

A seguir é apresentada a descrição de cada uma das fases de *Integra* e das atividades que as compõem. Os resultados das primeiras três fases de *Integra* devem ser documentados seguindo o *template* disponível no Apêndice A desta dissertação.

4.2.1. Levantamento de Requisitos da Ontologia

A primeira fase de *Integra* tem como principal objetivo estabelecer o escopo da ontologia a ser desenvolvida. Nesse contexto, modelagem de objetivos é usada com o propósito de prover entendimento acerca das motivações por trás do desenvolvimento da ontologia. Analisando-se a perspectiva motivacional é possível obter requisitos relacionados com o ambiente no qual a ontologia será utilizada e com seus usuários. Esta fase é composta por três atividades: (i) Modelagem de Objetivos; (ii) Derivação de Questões de Competência; e (iii) Modularização da Ontologia. A Figura 4.2 ilustra as atividades da fase *Levantamento de Requisitos da Ontologia*, que serão descritas em seguida.

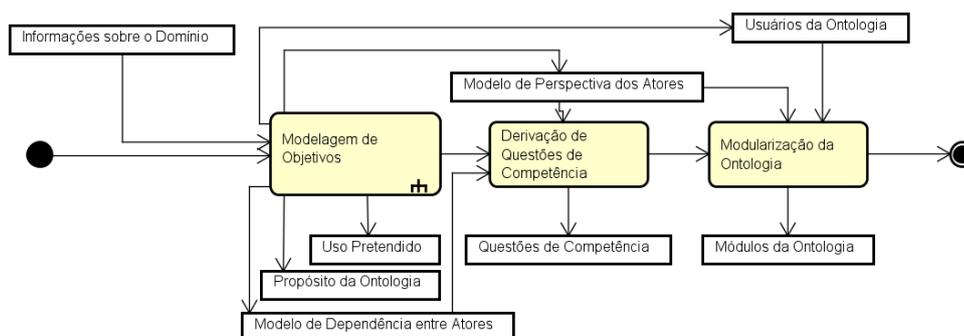


Figura 4.2 – Visão geral do Levantamento de Requisitos da Ontologia.

4.2.1.1. Modelagem de Objetivos

A primeira atividade da fase *Levantamento de Requisitos da Ontologia* trata da modelagem de objetivos dos atores do domínio sendo retratado na ontologia e do ambiente no qual a ontologia será inserida. A modelagem de objetivos tem como propósito a investigação do *desing rationale* que estará presente na definição dos requisitos da ontologia. Isso é feito através da elaboração dos modelos de Perspectiva dos Atores, que apresenta os objetivos dos atores envolvidos no domínio sendo tratado, e Dependência entre Atores, que representa as dependências entre os atores do domínio, bem como da definição do uso pretendido, do propósito e dos usuários finais da ontologia.

Cabe destacar que os modelos de Perspectiva dos Atores e de Dependência entre Atores podem ter diferentes nomes e formas de representação, dependendo da abordagem e sintaxe de modelagem de objetivos usada. Por exemplo, em iStar (DALPIAZ *et al.*, 2016), o Modelo de Razão Estratégica equivale ao Modelo de Perspectiva dos Atores, enquanto que o Modelo de Dependência Estratégica equivale ao Modelo de Dependência entre Atores. *Integra* não determina uma abordagem ou sintaxe específica a ser utilizada na modelagem de objetivos, ficando a cargo do engenheiro de ontologias fazer essa escolha.

A atividade *Modelagem de Objetivos* é composta pelas seguintes subatividades: (i) Descoberta dos Atores do Domínio e Identificação dos Usuários da Ontologia; (ii) Modelagem de Objetivos sob a Perspectiva dos Principais Atores; (iii) Modelagem da Dependência entre Atores; e (iv) Definição do Propósito e Uso Pretendido da Ontologia. A Figura 4.3 ilustra essas subatividades. Embora as atividades estejam representadas de forma sequencial na Figura 4.3, na prática, elas são iterativas e podem ser realizadas quantas vezes forem necessárias para a obtenção de um grau satisfatório de detalhamento.

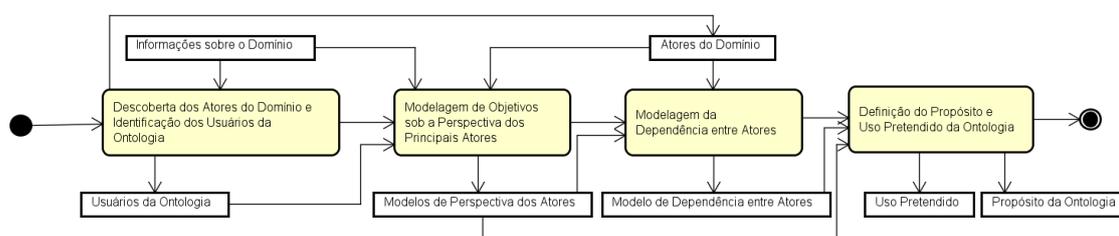


Figura 4.3 – Subatividades de Modelagem de Objetivos.

Para realizar a modelagem de objetivos da ontologia, o primeiro passo é a *Descoberta dos Atores do Domínio e dos Usuários da Ontologia*. Nesta atividade são identificados os atores que fazem parte do domínio tratado na ontologia e, dentre eles, quais serão os usuários da ontologia. Para a realização dessa atividade é necessário considerar informações sobre o domínio a ser tratado na ontologia. Essas informações podem ser obtidas de diferentes formas, tais como, a partir do conhecimento

tácito do engenheiro de ontologias, da análise de documentos, da análise de processos existentes, da obtenção de conhecimento junto a especialistas de domínio ou da observação do fenômeno no mundo real.

Caso o domínio da ontologia seja processual (i.e., fortemente baseado em processos), como é o caso de subdomínios da Engenharia de Software (por exemplo, Testes e Gerência de Configuração), os atores que fazem parte do domínio serão os atores envolvidos na execução das atividades do processo, assim como os atores que fornecem insumos para o processo e os atores que recebem produtos durante ou após a finalização da execução do processo. Caso o domínio da ontologia não seja processual, como é o caso do domínio universitário (considerando-se aqui a definição de universidade e não dos processos nela realizados), os atores devem ser identificados através da análise do fenômeno do domínio no mundo real.

De maneira geral, atores do domínio são atores que estão relacionados com o domínio no mundo real, ao passo que os usuários são, dentre esses atores, aqueles cuja perspectiva acerca do domínio é relevante para a ontologia que se quer desenvolver, ou seja, são os atores que possuem objetivos que precisarão ser atendidos pela ontologia. Assim, são os atores que deverão ser considerados nos modelos de objetivos que serão desenvolvidos. Um outro ator que, embora não seja um ator do domínio, possui importante papel no desenvolvimento da ontologia e deve ser considerado é o engenheiro de ontologias.

Após a descoberta dos usuários da ontologia, deve-se realizar a *Modelagem de Objetivos sob a Perspectiva dos Principais Atores*. Os principais atores são os usuários da ontologia juntamente com o engenheiro de ontologias e, nesta atividade, devem ser modelados os objetivos de cada um deles. Assim, é imprescindível conhecer os objetivos dos usuários, a fim de entender os objetivos que a ontologia deve ser capaz de atender, ou seja, o escopo da ontologia. A partir da modelagem da perspectiva dos atores tem-se os objetivos que a ontologia deve cobrir, assim como objetivos relacionados a dependências entre atores e, a partir daí, pode ser derivado o escopo da ontologia.

É importante notar que os objetivos dos atores do domínio são, geralmente, objetivos relacionados ao domínio (por exemplo, em um domínio hospitalar, um dos objetivos do ator Médico poderia ser *diagnosticar pacientes*). Por outro lado, os objetivos do Engenheiro de Ontologias estão, usualmente, mais relacionados ao uso pretendido da ontologia (por exemplo, um engenheiro de ontologias pode desenvolver uma ontologia para o domínio hospitalar tendo como um de seus objetivos *prover uma conceituação para servir de modelo de referência para a integração de sistemas hospitalares*). Embora possa parecer que os objetivos do Médico e do Engenheiro de Ontologias não estejam relacionados, na verdade eles estão, uma vez que para que a conceituação provida pela ontologia sirva de modelo de referência para integrar sistemas, ela deve incluir a conceituação relacionada ao

diagnóstico de pacientes. Assim, tipicamente, para alcançar os objetivos do Engenheiro de Ontologias, os objetivos dos demais atores devem ser alcançados.

Como apresentado no Capítulo 2, para a obtenção de modelos cada vez mais detalhados, a modelagem dos objetivos de cada ator deve ser refinada utilizando-se os construtos da linguagem escolhida. No caso de iStar (DALPIAZ *et al.*, 2016), os construtos são *goal*, *task*, *quality*, e *resource* e as relações *or*, *and*, *neededBy*, qualificação e contribuição. A Figura 4.4 mostra, como exemplo, um modelo de objetivos (parcial) do ator Administração de Hospital do domínio hospitalar. O modelo apresentado da Figura 4.4 e os demais modelos de objetivos apresentados neste capítulo foram desenvolvidos utilizando-se a linguagem iStar.

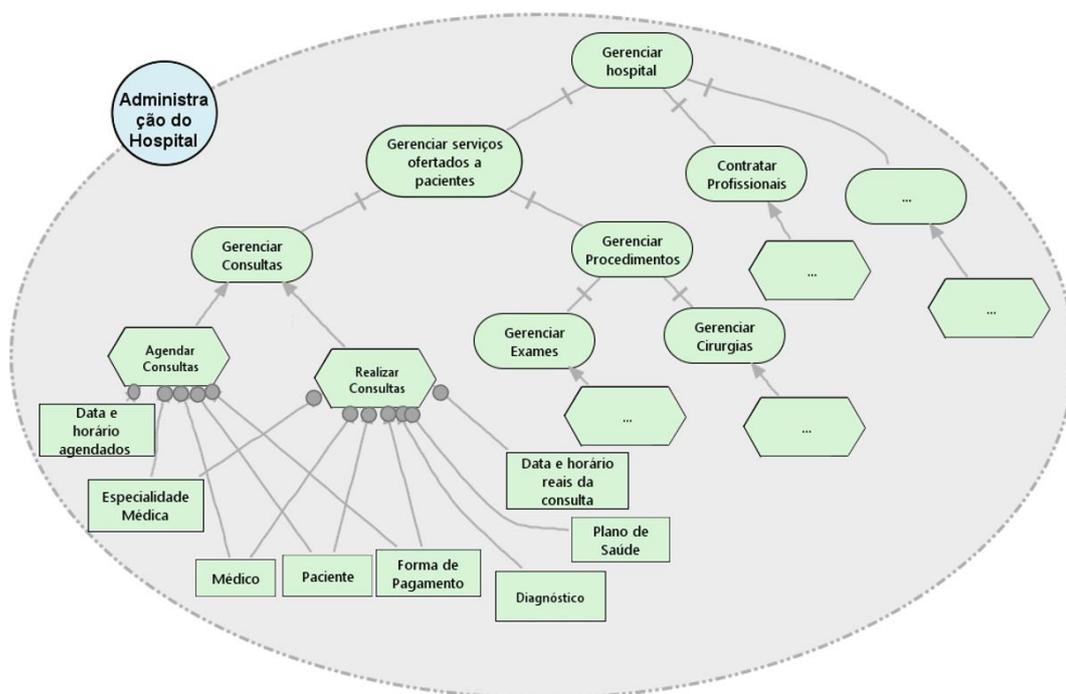


Figura 4.4 – Exemplo de Modelo de Perspectiva de Atores para o domínio hospitalar.

A identificação dos objetivos dos usuários da ontologia deve ser feita a partir de informações sobre o domínio, obtidas pelo engenheiro de ontologias. Técnicas de análise de cenários, identificação de obstáculos e restrições também podem ser usadas (ANTÓN, 1996). No caso de as informações obtidas pelo engenheiro de ontologias incluírem informações sobre os processos executados no domínio, pode-se procurar por declarações que parecem orientar decisões, resultados que se deseja alcançar e condições que os influenciam (LANKHORST, 2013). No caso de as informações obtidas pelo engenheiro de ontologias serem obtidas através de interação com especialistas de domínio ou stakeholders, transcrições de entrevistas podem ser usadas como base para a identificação de objetivos. Especialistas de domínio e stakeholders tendem a descrever o domínio em termos de conceitos, operações e ações, em vez de por meio de objetivos. Assim, caso

os objetivos não tenham sido explicitamente declarados, é necessário analisar as informações para identificar os objetivos nelas implícitos.

Uma vez modelados os objetivos dos principais atores, deve-se fazer a *Modelagem da Dependência entre Atores*, atividade na qual é produzido o Modelo de Dependência entre Atores. Ao se estabelecer dependências entre os atores, torna-se possível perceber, por exemplo, que um ator poderá atingir um objetivo, que não poderia atingir sozinho, através da dependência desse objetivo com outro ator. Por outro lado, pode-se perceber vulnerabilidades entre atores e objetivos. Por exemplo, se um ator depende de outro para alcançar um objetivo, ele se torna vulnerável, pois se os objetivos do segundo ator não forem alcançados, os meios necessários para que o objetivo do primeiro ator seja atingido podem não ser providos. Assim, a rede de dependências ilustrada no Modelo de Dependência entre Atores pode ajudar o engenheiro de ontologias a entender o escopo da ontologia e como os elementos nele presente se relacionam.

A identificação dos atores, seus objetivos e dependências são atividades iterativas (por exemplo, a identificação dos objetivos dos atores pode apontar para novos atores, bem como a identificação das dependências entre os atores pode apontar para novos objetivos ou, até mesmo, novos atores) e podem ser realizadas quantas vezes forem necessárias até que o engenheiro de ontologias obtenha informações que permitam fazer a *Definição do Propósito e Uso Pretendido da Ontologia*, atividade na qual os objetivos dos atores que serão atendidos pelo uso da ontologia serão analisados e representados de forma unificada no propósito e no(s) uso(s) pretendido(s) da ontologia.

Os modelos de objetivos permitem ao engenheiro de ontologias visualizar os objetivos dos atores em conjunto e, assim, observar quais objetivos a ontologia como um todo deve ser capaz de atingir. Além disso, o modelo de objetivos do Engenheiro de Ontologias provê uma visão ampla de como a ontologia poderá ser usada para auxiliar os usuários da ontologia. Assim, o propósito da ontologia deve ser definido de forma a abranger todos os objetivos identificados. De maneira similar, o(s) uso(s) pretendido(s) da ontologia deve(m) considerar o uso da ontologia pelos atores para o alcance a seus objetivos. Como dito anteriormente, os objetivos do Engenheiro de Ontologias são particularmente úteis para estabelecer o uso pretendido da ontologia.

4.2.1.2. Derivação de Questões de Competência

Definidos o propósito e uso pretendido da ontologia, o próximo passo é estabelecer os requisitos que a ontologia deve ser capaz de atender. *Integra* propõe que os requisitos da ontologia sejam descritos na forma de questões de competência que a ontologia deve ser capaz de responder, assim como proposto em SaBiO (FALBO, 2014) e em NeOn (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012).

Nesta atividade, os modelos de objetivos definidos na atividade anterior são utilizados para auxiliar na elicitación e descrição das questões de competência. Os *resources*, no caso do uso de iStar, ou constructos equivalentes a esse no caso do uso de outras linguagens, identificados nos Modelos de Perspectiva dos Atores servem como indicação das informações necessárias para que os atores alcancem seus objetivos. Assim, *resources* indicam os tipos de informação que devem estar modeladas na ontologia e podem ser utilizados, considerando-se sua conexão com outros elementos do modelo de objetivos, para derivar questões de competência. A Figura 4.5 mostra o modelo (parcial) de Perspectiva dos Atores para o domínio hospitalar já apresentado na Figura 4.4, acrescido de indicação de questões de competência dele derivadas, as quais são listadas na Tabela 4.1. Na figura, os identificadores das questões de competência listadas na Tabela 4.1 estão associados aos elementos a partir do qual foram derivadas. Por exemplo, o modelo mostra que para alcançar o objetivo Gerenciar Consultas é necessário Agendar Consultas e, para agendar uma consulta, é necessário informar a data e horário agendados. Assim, uma questão de competência que a ontologia deve ser capaz de responder é QC01 - Qual a data e o horário de uma consulta agendada?

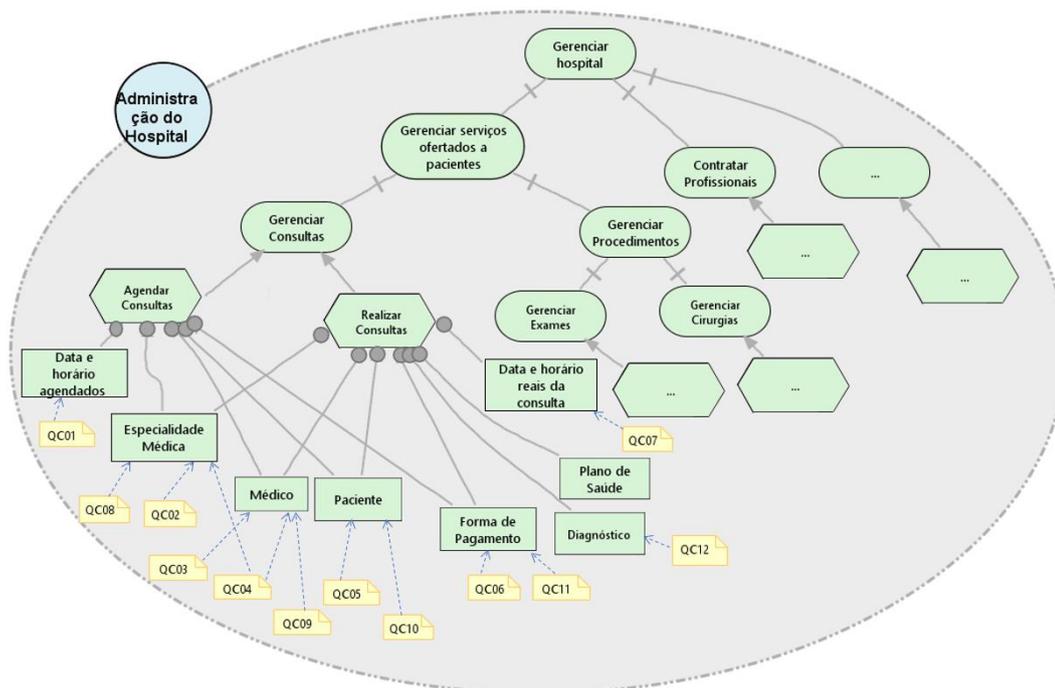


Figura 4.5 – Modelo (parcial) de Perspectiva de Atores para o domínio hospitalar com QC derivadas.

Tabela 4.1 – Questões de Competência derivadas do modelo da Figura 4.5

Código	Questão de Competência
QC01	Qual a data e o horário de uma consulta agendada?
QC02	Qual a especialidade médica indicada em uma consulta agendada?
QC03	Qual o médico indicado em uma consulta agendada?

Tabela 4.1 –Questões de Competência derivadas do modelo da Figura 4.5 (cont.)

Código	Questão de Competência
QC04	Qual a especialidade médica de um médico?
QC05	Qual é o paciente de uma consulta agendada?
QC06	Qual a forma de pagamento indicada em uma consulta agendada?
QC07	Qual a data e o horário em que uma consulta foi realizada?
QC08	Qual a especialidade médica envolvida em uma consulta realizada?
QC09	Qual médico realizou uma consulta?
QC10	Qual paciente foi atendido em uma consulta?
QC11	Qual a forma de pagamento utilizada para pagar uma consulta realizada?
QC12	Qual o diagnóstico emitido em uma consulta realizada?

4.2.1.3. Modularização da Ontologia

A definição dos modelos de objetivos e das questões de competência realizada nas atividades anteriores permitirá ao engenheiro de ontologias ter uma ideia do tamanho do domínio (ou da porção do domínio) que a ontologia deverá tratar. Se o domínio de interesse for complexo, a ontologia deve ser modularizada (FALBO, 2014).

Modularização de ontologias consiste na identificação de módulos (ou subontologias) que podem ser considerados separadamente enquanto eles estão interconectados com outros módulos (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012). Para Falbo (2014) e Suárez-Figueroa *et al.* (2012), os benefícios de modularizar ontologias incluem: (i) facilitar o desenvolvimento e manutenção da ontologia através da divisão do modelo em módulos independentes e fracamente acoplados; (ii) facilitar o reúso de partes da ontologia; (iii) melhorar o desempenho, permitindo o processamento distribuído. Suárez-Figueroa *et al.* (2012) ainda apontam mais um benefício: (iv) customização da ontologia por desenvolvedores de aplicações para extrair e combinar de forma flexível módulos relevantes para uma aplicação específica ou para fornecer módulos diferentes para diferentes grupos de usuários.

Não existe uma forma universal de modularizar uma ontologia e a escolha de uma abordagem particular deve ser guiada pelos requisitos da ontologia (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012). SABiO (FALBO, 2014) sugere a decomposição da ontologia em subontologias, onde as técnicas e critérios para o particionamento da ontologia propostas em (STUCKENSCHMIDT; SCHLICHT, 2009) podem ser aplicadas. Com relação aos critérios, sugere que sejam considerados critérios tais como: independência, coesão e tamanho. Para ilustrar graficamente a divisão da ontologia em subontologias e as dependências entre elas, SABiO sugere o desenvolvimento de diagramas de pacotes UML.

NeOn (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012) defende que a estrutura de dependência entre os módulos da ontologia tenha boas propriedades para que seja eficiente em facilitar engenharias futuras na ontologia modular obtida. Assim, são definidas quatro regras: (i) não devem existir ciclos no grafo de dependência; (ii) não devem existir dependências transitivas; (iii) um módulo não deve ser menor que um determinado limite; e (iv) entidades dentro de um módulo devem estar conectadas entre si.

As diretrizes de modularização de ontologias sugeridas em SABiO e em NeOn podem ser aplicadas para realizar esta atividade em *Integra*. Adicionalmente, os modelos de objetivos podem ser utilizados para auxiliar na modularização da ontologia, sendo possível modularizar a ontologia considerando-se atores, grupos de atores, objetivos ou grupos de objetivos. É importante ressaltar que, seja a modularização baseada em atores ou objetivos, os critérios de independência, coesão e tamanho (FALBO, 2014) devem ser atendidos.

A modularização baseada em atores leva em consideração os atores identificados nos modelos de objetivos. Suponha o desenvolvimento de uma ontologia sobre o processo de crime no âmbito do domínio de segurança pública. Considerando-se que esse processo inclui desde o registro de uma ocorrência (por exemplo, o registro de um boletim de ocorrência reportando o roubo a um estabelecimento) até o julgamento das pessoas envolvidas no crime, vários são os atores envolvidos no processo, tais como a Secretaria de Segurança Pública, o Ministério Público e a Secretaria de Justiça, sendo possível identificar porções do domínio relevantes a cada um desses atores. Assim, uma forma de modularização dessa ontologia poderia considerar os diferentes atores envolvidos, provendo uma visão da ontologia que permitiria a identificação dos conceitos relacionados à participação de cada ator no processo.

A modularização baseada em objetivos deve considerar a hierarquia de objetivos, ou seja, tanto os objetivos de mais alto nível quanto os de nível mais baixo. Uma vez que objetivos são decompostos, haverá fragmentos da ontologia que responderão os objetivos de nível mais baixo. Esses fragmentos, relacionados a um mesmo objetivo de nível mais alto, podem ser agrupados em um módulo. Além disso, a hierarquia dos objetivos pode ser utilizada como base para organizar módulos em outros módulos. Considerando-se o exemplo apresentado na Figura 4.5, poderia ser criado um módulo relacionado à prestação de serviços a paciente e este poderia ser subdividido em dois módulos, um relacionado ao gerenciamento de consultas e outro ao gerenciamento de procedimentos.

4.2.2. Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas

Uma vez definido o escopo da ontologia e sua modularização (quando for o caso), deve-se realizar a *Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas*. Esta fase é composta por três atividades: (i) Identificação das Ontologias Candidatas para Integração; (ii) Seleção de Ontologias para Integração; e (iii) Enriquecimento das Ontologias a serem Integradas. A Figura 4.6 ilustra as atividades desta fase, que serão descritas em seguida.

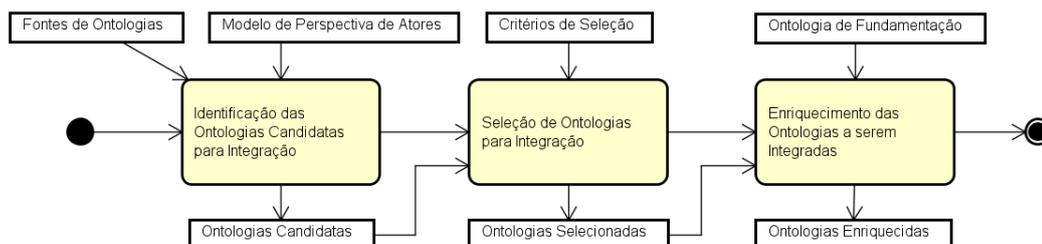


Figura 4.6 – Atividades da fase Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas.

4.2.2.1. Identificação das Ontologias Candidatas para Integração

Integra advoga que uma ontologia seja desenvolvida reutilizando o máximo possível ontologias que já tenham sido construídas. Em outras palavras, deve-se tentar cobrir a maior parte possível do escopo da ontologia sendo desenvolvida reutilizando-se ontologias existentes.

Conforme dito anteriormente, os modelos de objetivos ajudam a explicitar o *design rationale* por trás das ontologias, provendo, assim, uma noção do tipo de conhecimento que deverá estar presente na ontologia. Assim, considerando-se o conhecimento representado no Modelo de Perspectiva de Atores gerado como resultado da fase *Levantamento de Requisitos da Ontologia Orientado a Objetivos* deve ser feita uma busca por ontologias. A busca pode ser realizada em repositórios, bibliotecas de ontologias (por exemplo, DBPedia, Freebase, etc...) ou outras fontes (por exemplo, relatórios técnicos, artigos e outros trabalhos publicados).

Considerando-se que os modelos de objetivos possuem um detalhamento até o nível de recursos (*resources*), uma alternativa para auxiliar na busca por ontologias é utilizar os nomes dos recursos como palavras-chave para a busca, uma vez que recursos apontam para necessidades de informação que serão tratadas em conceitos da ontologia. Utilizando como exemplo o modelo da Figura 4.5, poderiam ser feitas buscas considerando-se nomes de recursos tais como “Especialidade Médica”, “Paciente”, “Médico”, entre outros.

Outra alternativa é fazer a busca com base nos objetivos. Pode-se buscar por ontologias cujos objetivos estejam alinhados a objetivos hierarquizados no Modelo de Perspectiva de Atores. Por objetivos alinhados entenda-se não apenas objetivos iguais, mas também objetivos que

apresentam outras relações de similaridade que permitam a reutilização da ontologia (ou de fragmentos). Por exemplo, uma ontologia pode ter um objetivo mais genérico que o da ontologia sendo desenvolvida (i.e., o objetivo da ontologia sendo desenvolvida seria uma especialização do objetivo da ontologia candidata) e, ainda assim, ser útil, pois seus conceitos poderiam ser especializados na ontologia sendo desenvolvida. Por exemplo, uma ontologia que possua como objetivo “Definir Localização” pode ter tratado esse objetivo com conceitos passíveis de serem reutilizados em uma ontologia de comércio eletrônico que possui como objetivo “Definir Localização de Entrega de Produto”.

A busca por ontologias com base nos objetivos depende da existência de ontologias que tenham seus objetivos explicitados. O uso de modelos de objetivos no desenvolvimento de ontologias permite que ontologias sejam relacionadas aos objetivos por ela tratados. Mais que isso, permite que sejam estabelecidos relacionamentos entre objetivos e fragmentos de ontologia. Uma vez que exista um repositório de ontologias/fragmentos relacionados aos objetivos por elas/eles tratados, o engenheiro de ontologias poderá fazer buscas por ontologias candidatas a partir dos objetivos da ontologia sendo desenvolvida.

Para contribuir para a existência de um repositório que permita a busca por ontologias com base nos objetivos que elas tratam, *Integra* orienta que ao longo do processo de desenvolvimento da ontologia sejam estabelecidos relacionamentos entre os objetivos e os fragmentos de ontologias que os tratam. Assim, esses objetivos e fragmentos poderão ser reutilizados em desenvolvimentos de ontologia futuros.

4.2.2.2. Seleção das Ontologias para Integração

Após a busca e identificação das ontologias candidatas, elas devem ser avaliadas e selecionadas para integração. Como dito na atividade anterior, *Integra* orienta que se tente cobrir a maior parte possível do escopo da ontologia reutilizando-se ontologias existentes. Essa orientação visa à obtenção dos benefícios providos pela reutilização, tais como diminuição do tempo de desenvolvimento e melhoria da qualidade da ontologia resultante. Porém, para que isso seja possível, as ontologias a serem integradas devem atender a critérios para que a integração seja viável. Por exemplo, ontologias de má qualidade não devem ser reutilizadas, pois pode ser necessário muito esforço para melhorá-las, comprometendo os benefícios esperados com a reutilização.

Assim, deve-se considerar critérios para a seleção das ontologias a serem integradas. O engenheiro de ontologias pode considerar os critérios de seleção que julgar mais relevantes para a ontologia sendo desenvolvida. *Integra* sugere que as ontologias sejam analisadas e classificadas considerando-se os seguintes critérios (PINTO; MARTINS, 2001): nível de formalismo em que

estão disponíveis, linguagem em que as ontologias estão disponíveis, principais pressupostos e compromissos ontológicos, completude da ontologia, facilidade de acesso à ontologia, documentação disponível, mudanças necessárias na terminologia, mudanças necessárias nas definições, estrutura da ontologia e distinções sobre as quais a ontologia foi construída. Após a classificação das ontologias, devem ser selecionadas aquelas que melhor atendam às necessidades de integração para a ontologia sendo desenvolvida, ou seja, aquelas que melhor se adequam ao escopo que se deseja tratar e que sejam viáveis de se integrar.

4.2.2.3. Enriquecimento das Ontologias a Serem Integradas

Após a seleção das ontologias, o engenheiro de ontologias deve avaliar se as ontologias selecionadas serão reutilizadas como elas estiverem ou se deve ser realizada uma atividade de reengenharia. Caso as ontologias não estejam no grau de formalismo desejado ou não atendam aos mesmos compromissos ontológicos considerados na ontologia sendo desenvolvida, é sugerido que seja realizada uma análise ontológica das ontologias, para que elas estejam ancoradas nos mesmos conceitos de fundamentação. Assim, recomenda-se que seja feita uma análise ontológica com base em uma ontologia de fundamentação (por exemplo, UFO (GUIZZARDI, 2005), GFO (HERRE *et al.*, 2006), BFO (SMITH; GRENON, 2006), etc.) e uma reengenharia dos modelos das ontologias para que seja possível realizar a integração adequadamente nas próximas fases do processo de desenvolvimento. Deve ser utilizada uma mesma ontologia de fundamentação para fazer a análise ontológica de todas as ontologias que serão integradas. Além disso, caso seja necessário incluir novos conceitos na ontologia sendo desenvolvida (isso será tratado em uma atividade mais adiante), deve-se considerar a mesma fundamentação ontológica.

4.2.3. Integração das Ontologias

Todas as atividades descritas até agora precedem a integração do conhecimento das ontologias fonte para a ontologia resultante. Elas ajudaram o engenheiro de ontologias a analisar, comparar e escolher as ontologias que serão reusadas. Quando essa parte do processo acaba, ou seja, quando as ontologias apropriadas para serem reutilizadas são encontradas, deve-se integrar o conhecimento dessas ontologias. Para isso, são necessárias operações de integração e critérios de *design* orientados a integração. Operações de integração (tais como composição, combinação, modificação e montagem) especificam como o conhecimento das ontologias a serem reutilizadas será incluído e combinado na ontologia integrada resultante, ou modificado antes de sua inclusão (PINTO; MARTINS, 2001). O conhecimento das ontologias a serem reutilizadas pode ser usado como está (i.e., na forma original da ontologia, caso ela não tenha precisado de reengenharia na

atividade anterior, ou após sua reengenharia baseada na análise ontológica), pode ser adaptado, especializado ou estendido.

A integração das ontologias visa criar um modelo único e integrado que atenda aos requisitos e objetivos definidos na fase inicial do processo de desenvolvimento. A fase de *Integração das Ontologias* é composta pelas seguintes atividades: (i) Identificação dos Mapeamentos entre as Ontologias; (ii) Aplicação das Operações de Integração; e (iii) Desenvolvimento do Modelo Integrado. A Figura 4.7 ilustra as atividades da fase Integração das Ontologias, que serão descritas em seguida.

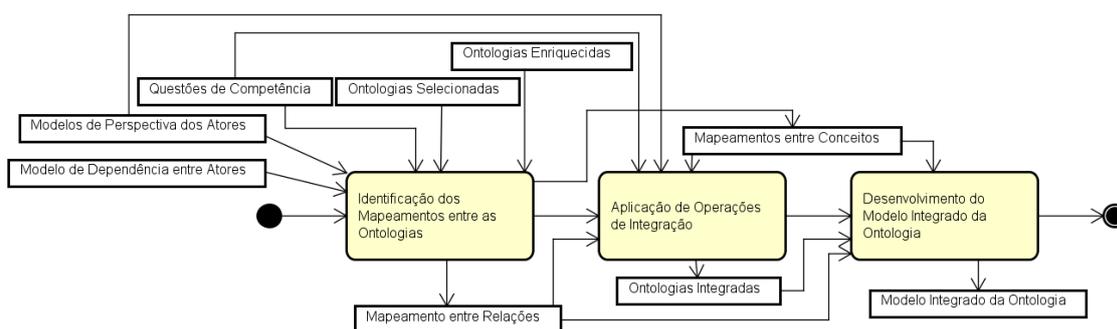


Figura 4.7 – Atividades da fase Integração de Ontologias.

4.2.3.1. Identificação dos Mapeamentos entre as Ontologias

A primeira atividade para *Integração de Ontologias* consiste em estabelecer mapeamentos (ou correspondências) entre ontologias. Como apresentado no Capítulo 2, o estabelecimento de correspondências entre ontologias é conhecido como *matching*. Nesta atividade, as ontologias que serão integradas devem ser analisadas a fim de identificar relações entre elas. Essas relações são importantes para que seja possível construir a ontologia integrada adequadamente. Por exemplo, um mesmo conceito pode estar presente em mais de uma das ontologias a serem integradas e, na ontologia integrada, deverá aparecer apenas uma vez.

Apenas dizer que um conceito presente em um modelo corresponde a outro conceito de outro modelo é insuficiente para descrever adequadamente as complexas relações entre as informações subjacentes a esses conceitos. Cada elemento de um modelo captura uma informação que deve ser analisada e vinculada a outra informação presente em outro modelo. As correspondências devem descrever mais precisamente o que essas relações entre os conceitos representam (por exemplo, equivalência, especialização / generalização, uma relação parte-de, entre outras) (RUY, 2017).

Assim, nesta atividade devem ser realizados mapeamentos entre os conceitos e entre as relações das ontologias selecionadas, identificando-se os tipos de relacionamentos semânticos

existentes entre eles. A seguir são apresentados os tipos de relacionamentos semânticos entre conceitos (Tabela 4.2) e entre relações (Tabela 4.3). Os tipos de relacionamentos semânticos foram definidos a partir de (RUY, 2017) e (SAFYAN *et al.*, 2008).

Tabela 4.2 – Tipos de Relacionamentos Semânticos entre Conceitos

Tipo de Correspondência	Símbolo	Significado	Exemplo
Equivalente	A [E] B ²	A é equivalente a B. Elemento A representa um conceito que é equivalente ao conceito representado pelo Conceito B.	Aluno [E] Estudante
Parte de	A [P] B	A é parte de B. Elemento A cobre parte do conceito representado pelo Conceito B (B inclui A).	Coração [P] Pessoa
Todo de	A [T] B	A é todo de B. Elemento B cobre parte do Conceito A (B é parte de A).	Carro [T] Chassi
Interseção	A [I] B	A possui interseção com B. Elemento A e Elemento B possuem propriedades que são comuns a ambos, mas também há propriedades que são ou de A ou de B.	Homem [I] Mulher
Especialização de	A [Es] B	A é especialização de B. Elemento A representa um conceito que especializa o conceito representado pelo Conceito B.	Escola [Es] Instituição de Ensino
Generalização de	A [G] B	A é generalização de B. Elemento A representa um conceito que é uma generalização do conceito representado pelo Conceito B.	Organização [G] Organização Sem Fins Lucrativos
Atua como	A [A] B	A atua como B. Elemento A representa um conceito que pode atuar como o papel representado pelo Conceito B.	Analista de Sistema [A] Revisor de Requisitos (um analista de sistemas pode desempenhar o papel de Revisor de Requisitos)
Desempenhado por	A [Dp] B	A é desempenhado por B. Elemento A representa o conceito de um papel que pode ser desempenhado pelo Conceito B.	Comprovante de Residência [Dp] Conta de Luz

² Considera-se que A é um conceito de uma ontologia e B é um conceito de outra ontologia.

Tabela 4.2 – Tipos de Relacionamentos Semânticos entre Conceitos (cont.)

Tipo de Correspondência	Símbolo	Significado	Exemplo
Sem Relação	A [-]	A não possui relação . Elemento A representa um conceito que não possui relação com qualquer conceito B.	Enfermeiro [-] (o conceito está presente em um modelo e não possui relação com qualquer outro conceito de outro modelo)

Tabela 4.3 – Relacionamentos Semânticos entre Relações

Tipo de Correspondência	Símbolo	Significado	Exemplo
Equivalente	R1[Eq]R2	R1 é equivalente a R2. A relação R1 tem o mesmo significado que a relação R2. Além disso, os conceitos envolvidos em R1 são equivalentes aos conceitos envolvidos em R2.	Aluno cumpre Disciplina Estudante curso Disciplina
Especialização	R2[Esp]R1	R2 é uma especialização de R1. A relação R2 representa uma relação entre conceitos mais específicos, enquanto que R1 é uma relação entre conceitos mais genéricos. Assim, os conceitos envolvidos em R2 são especializações dos conceitos envolvidos em R1.	Profissional da Educação atua em Instituição de Ensino Professor Universitário atua em Universidade
Generalização	R1[Gen]R2	R1 é uma generalização de R2. A relação R1 é uma relação entre conceitos mais genéricos, enquanto que R2 representa uma relação entre conceitos mais específicos. Assim, os conceitos envolvidos em R2 são especializações dos conceitos envolvidos em R1.	Estudante estuda em Instituição de Ensino Universitário estuda em Universidade
Inversa	R1[Inv]R2	R1 é inversa a R2 A relação R1 tem o significado inverso da relação R2. Os conceitos de origem e destino da relação R1 devem ser equivalentes aos conceitos de destino e de origem da relação R2.	Professor ministra Disciplina Disciplina é ministrada por Professor

Tabela 4.3 – Relacionamentos Semânticos entre Relações (cont.)

Tipo de Correspondência	Símbolo	Significado	Exemplo
Derivação	R[De]R1...Rn	R é derivação de R1,... Rn. R representa uma derivação de outras relações. O conceito origem de R deve ser equivalente ao conceito origem de R1 e o conceito destino de R deve ser equivalente ao conceito destino de Rn.	R1: Análise avalia Dado. R2: Dado é coletado em Amostra R3: Análise caracteriza Amostra. R3 é uma derivação de R1 e R2.

Para a realização dos mapeamentos entre conceitos devem ser levadas em consideração as definições dos conceitos, suas propriedades intencionais e extensionais, ou seja, respectivamente, o significado do conceito, suas propriedades intrínsecas (atributos) e, caso existam, suas instâncias. A seguir são apresentadas algumas diretrizes que podem auxiliar na descoberta dos mapeamentos:

- Comparar conceitos das ontologias considerando as distinções ontológicas estabelecidas na ontologia de fundamentação utilizada na atividade *Enriquecimento das Ontologias a serem Integradas*. Por exemplo, comparar conceitos categorizados como *Kind* apenas com conceitos também categorizados como *Kind*, caso a ontologia de fundamentação utilizada seja UFO (GUIZZARDI, 2005). As categorias não são suficientes para a existência de correspondência entre conceitos, porém podem ser um ponto de partida para identificá-las.
- Focar no significado de cada conceito, em vez do termo usado para nomeá-los. Definições e relações entre conceitos podem ajudar. Mapeamentos são estabelecidos com base no significado de cada conceito (RUY, 2017).
- Considerar propriedades intencionais e extensionais dos conceitos, mas, atentar-se para o fato de que essa análise não substitui a análise do significado dos conceitos. Considerar tais propriedades pode ser útil nos casos em que as definições dos conceitos não estão muito claras ou a documentação das ontologias é precária.

A identificação dos mapeamentos entre as ontologias pode ser realizada manualmente ou com o apoio de ferramentas computacionais. Por exemplo, a ferramenta *Mapper* (RUY, 2017) é uma ferramenta que auxilia na identificação de relacionamentos semânticos entre modelos conceituais. O registro dos mapeamentos pode ser feito utilizando-se uma tabela no formato apresentado na Tabela 4.4. A tabela apresentada refere-se a mapeamentos entre conceitos, mas pode, também ser usada para mapeamentos entre relacionamentos. Nesse caso, os termos Conceito A e Conceito B devem ser substituídos por Relação R1 e Relação R2. A coluna de comentários deve ser

utilizada para armazenar informações que são relevantes para o mapeamento e que não foram armazenadas nas colunas anteriores. Um exemplo de preenchimento da tabela poderá ser encontrado no próximo capítulo.

Tabela 4.4 – Tabela para registro de mapeamentos

Conceito A	Ontologia de Origem do Conceito A	Correspondência	Conceito B	Ontologia de Origem do Conceito B	Comentários
<<nome e definição do conceito>>	<< ontologia onde o conceito foi encontrado>>	<<tipo da correspondência entre os conceitos>>	<<nome e definição do conceito>>	<< ontologia onde o conceito foi encontrado>>	<<comentários adicionais sobre o mapeamento>>

4.2.3.2. Aplicação de Operações de Integração

Identificados os mapeamentos entre as ontologias, o próximo passo é realizar a integração propriamente dita, aplicando-se operações de integração. Durante esta atividade, os mapeamentos identificados anteriormente são considerados e são realizadas operações para integrar as ontologias. Os modelos de objetivos e requisitos definidos na primeira fase de *Integra* devem ser considerados ao se executar esta atividade, uma vez que a integração das ontologias visa tratar os objetivos identificados e atender os requisitos estabelecidos.

A seguir são apresentadas algumas das operações de integração referentes a conceitos que podem ser realizadas. Vale notar que essas operações estão diretamente relacionadas às correspondências entre conceitos identificadas nos mapeamentos estabelecidos na atividade anterior.

- **Unificação:** quando conceitos de diferentes ontologias são equivalentes, eles devem ser representados uma única vez no modelo integrado. Assim, deve ser escolhido o conceito que possui melhor terminologia e definição, ou deve ser criado um conceito novo que represente os conceitos equivalentes e que possua uma terminologia padrão ou mais usual do que as apresentadas nas ontologias reutilizadas. Além disso, deve ser estabelecida uma definição acurada, precisa, simples, clara, concisa, correta e completa para o conceito. Essa definição pode ser construída a partir das definições dos conceitos equivalentes.
- **Especialização:** quando um conceito é mais específico que outro, ou seja, quando o tipo de correspondência entre eles é Especialização, ambos devem ser inseridos no modelo integrado e o conceito mais específico deve ser relacionado ao conceito mais geral por meio de uma relação de especialização.

- **Generalização:** quando um conceito é mais geral que o outro, isto é, quando o tipo de correspondência entre eles é Generalização, ambos devem ser inseridos no modelo integrado e o conceito mais específico deve ser ligado ao conceito mais geral por meio de uma relação de generalização. Uma vez que a generalização pode ser entendida como inversa à especialização, uma única relação de especialização ou generalização deve ser usada para indicar que um conceito é mais específico que outro e que o último é mais geral que o primeiro.
- **Agregação/Composição:** quando um conceito é parte de outro, ou seja, quando o tipo de correspondência entre eles é Parte-de ou Todo-de, os dois conceitos devem ser inseridos no modelo integrado e relacionados por uma relação todo-parte, podendo esta ser uma relação de agregação ou de composição.
- **Interseção:** quando dois conceitos possuem intersecção em algumas de suas propriedades intencionais (significado e atributos), deve ser criado um novo conceito contendo as propriedades presentes na interseção e os demais conceitos devem relacionados a ele por uma relação de especialização que seja disjunta. As propriedades representadas no conceito mais geral que foi criado não devem ser representadas nos conceitos especializados.
- **Representação de Papel:** quando um conceito representa um papel que pode ser desempenhado por outro conceito, isto é, quando o tipo de correspondência entre eles é, Atua como ou Desempenhado por, o conceito que representa o papel deve ser relacionado ao outro por meio de uma relação de especialização, significando que o conceito especializado diz respeito a um papel do conceito mais geral.
- **Inclusão de Conceitos sem Correspondência:** quando um conceito de uma ontologia sendo reutilizada não possui correspondência com conceitos das demais ontologias e ele é relevante ao escopo da ontologia, deve-se adicioná-lo ao modelo integrado.

A seguir são apresentadas algumas das operações de integração referentes a relações. Assim como as operações de integração de conceitos, as operações de integração de relacionamentos estão diretamente relacionadas às correspondências entre relações identificadas nos mapeamentos estabelecidos na atividade anterior.

- **Unificação de Relações:** quando relações presentes em diferentes ontologias são equivalentes, elas devem ser representadas uma única vez no modelo integrado, devendo ser escolhida a relação que possuir melhor terminologia e definição. Uma vez que, para que as relações sejam equivalentes os conceitos nelas envolvidos nas diferentes ontologias

também devem ser, os conceitos equivalentes devem ser unificados pela aplicação da operação de unificação de conceitos.

- **Especialização de Relações:** quando uma relação é especialização de outra, as duas devem ser representadas no modelo integrado, devendo-se incluir uma relação de especialização entre a relação mais geral e a mais específica. Uma vez que, para que uma relação seja uma especialização de outra os conceitos envolvidos na primeira relação devem ser especializações dos conceitos envolvidos na segunda, as relações de especialização entre os conceitos devem ser representadas pela aplicação da operação de especialização de conceitos.
- **Generalização de Relações:** quando uma relação é generalização de outra, as duas devem ser representadas no modelo integrado, devendo-se incluir uma relação de especialização entre a relação mais geral e a mais específica. Uma vez que, para que uma relação seja uma generalização de outra os conceitos envolvidos na primeira relação devem ser generalizações dos conceitos envolvidos na segunda, as relações de generalização entre os conceitos devem ser representadas pela aplicação da operação de generalização de conceitos.
- **Unificação de Relações Inversas:** quando uma relação é inversa à outra, deve-se identificar qual delas é mais adequada para responder as questões de competência e representar apenas essa relação. Considerando-se que os conceitos envolvidos nas relações são (inversamente) equivalentes, eles devem ser unificados pela aplicação da operação de unificação de conceitos.
- **Relações derivadas:** quando uma relação em uma ontologia representa uma relação derivada de outras relações de outra ontologia, todas as relações devem ser representadas no modelo integrado, devendo-se representar uma única vez, através da aplicação da operação de unificação de conceitos, os conceitos equivalentes envolvidos nas relações. Sugere-se que a relação derivada seja representada de maneira diferenciada no modelo integrado (por exemplo, utilizando-se o carácter “/” no início do nome da relação derivada).

Para realizar a integração das ontologias, além das operações de integração anteriormente apresentadas, deve-se considerar os modelos de Perspectiva de Atores e as questões de competência para identificar relações entre conceitos das diferentes ontologias que não foram identificadas aplicando-se as operações de integração.

Os modelos de Perspectiva de Atores indicam conceitos das ontologias que devem ser ligados por relações materiais horizontais para que seja possível atender os objetivos modelados. As

questões de competência, derivadas dos objetivos também dão esse indicativo. Por exemplo, suponha que no modelo de Perspectiva de Atores de uma ontologia tenha sido modelado o objetivo “Determinar o local de um evento” e a partir do modelo tenha sido derivada a questão de competência “Qual o local de um determinado evento?”. Tanto o objetivo quanto a questão de competência indicam que a ontologia deve incluir os conceitos Evento e Local e que deve haver uma relação entre eles. Suponha, então, que o conceito Local tenha sido encontrado em uma das ontologias sendo reutilizadas e o conceito Evento tenha sido encontrado em outra. Considerando-se o objetivo e a questão de competência mencionados, conclui-se que esses dois conceitos devem ser ligados por uma relação horizontal material “ocorre em” para que seja possível responder à questão de competência e atingir o objetivo.

4.2.3.3. Desenvolvimento do Modelo Integrado da Ontologia

Na atividade anterior, operações de integração foram aplicadas para integrar as ontologias considerando os mapeamentos identificados na atividade *Identificação dos Mapeamentos entre as Ontologias*. Embora operações de integração tenham sido aplicadas, outras ações podem ser necessárias para que se produza o Modelo Integrado da Ontologia. O Modelo Integrado da Ontologia representa a visão harmonizada e completa da ontologia que é capaz tratar os objetivos identificados e atender os requisitos estabelecidos. É o principal resultado da fase *Integração de Ontologias*. O modelo integrado da ontologia compreende o modelo conceitual contendo os conceitos e relações da ontologia, as definições dos conceitos e os axiomas necessários para especificar as restrições do modelo.

O Modelo Integrado da Ontologia é definido a partir do resultado da atividade *Aplicação de Operações de Integração*. Considerando-se os modelos de objetivos e as questões de competência, o engenheiro de ontologias deve realizar as alterações necessárias no modelo produzido na atividade anterior para transformá-lo no Modelo Integrado da Ontologia. Essas ações podem incluir, por exemplo, a adição de novos conceitos, inexistentes nas ontologias integradas, mas necessários para atendimento aos requisitos. Novos relacionamentos também podem ser necessários, tanto para relacionar os novos conceitos definidos quanto para relacionar conceitos das ontologias integradas que não tenham sido integrados na atividade anterior. Pode-se, também, refinar o modelo produzido na atividade anterior, excluindo-se conceitos que não sejam realmente relevantes ao escopo da ontologia. Por exemplo, suponha que durante a aplicação das operações de integração, o conceito Professor, presente em uma das ontologias reutilizadas, tenha sido incluso como uma especialização do conceito Profissional da Educação, presente em outra ontologia reutilizada. Durante a elaboração do modelo integrado, utilizando-se os objetivos e questões de competência, o engenheiro de

ontologias poderia perceber que, embora a relação entre os conceitos seja pertinente, o conceito Profissional da Educação, na verdade, não é relevante para a ontologia, pois o escopo dela se restringe a profissionais da educação que são professores. Nesse caso, o conceito Profissional da Educação seria excluído do modelo.

Além da inclusão de novos conceitos ou relacionamentos e de refinamentos no modelo, a elaboração do Modelo Integrado da Ontologia também inclui a definição de axiomas para explicitar as restrições do modelo. Alguns desses axiomas podem ser necessários para tratar de restrições que emergem da integração das ontologias. Os axiomas devem ser escritos tanto na forma de linguagem natural quanto de linguagem formal, para facilitar o entendimento de seu significado.

Caso a ontologia tenha sido modularizada na primeira fase de *Integra*, a modularização deve ser considerada na elaboração do Modelo Integrado da Ontologia. Refinamentos e alterações na modularização podem ser realizados, se pertinente.

Conforme dito anteriormente, visando ao reúso, orienta-se que sejam estabelecidos relacionamentos entre objetivos e fragmentos do Modelo Integrado de Ontologias que os tratam. A rastreabilidade entre objetivos e fragmentos da ontologia pode ser feita a partir das questões de competência que são atendidas pelos fragmentos. As questões de competência são associadas a recursos que, por sua vez, estão relacionados com tarefas associadas a objetivos.

4.2.4. Avaliação da Ontologia Integrada

Produzido o Modelo Integrado da Ontologia, deve-se conduzir sua avaliação. Levando-se em consideração as atividades e diretrizes definidas em (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012), (PINTO; MARTINS, 2001), (FALBO, 2014) e (LV, 2011), esta fase é composta por duas atividades: (i) Avaliação Estrutural; e (ii) Avaliação Semântica. A Figura 4.8 ilustra essas atividades, que são descritas em seguida.

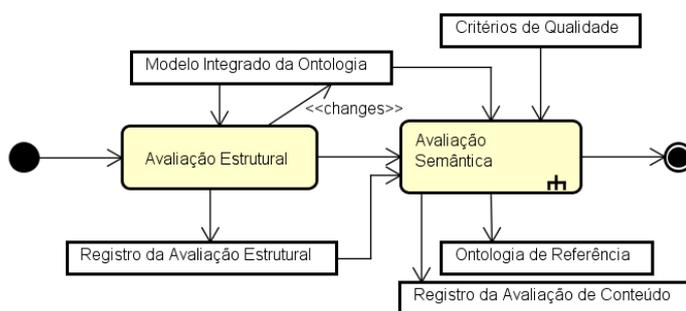


Figura 4.8 – Atividades de Avaliação da Ontologia Integrada.

4.2.4.1. Avaliação Estrutural

A primeira atividade para avaliar a ontologia integrada é *Avaliação Estrutural*. Essa avaliação é necessária para garantir que não haja redundância indesejada na estruturação do conhecimento na ontologia, bem como que não haja inconsistências no modelo.

Como as ontologias reutilizadas podem conter partes sobrepostas, há chance de existir informações redundantes após a integração. Nesses casos, é necessário remover as redundâncias do modelo integrado (LEUNG *et al.*, 2011). Inconsistências também devem ser resolvidas. Uma forma de encontrar inconsistências na estrutura da ontologia é a busca por antipadrões (*anti-patterns*). Antipadrões ontológicos são estruturas de modelo que sistematicamente criariam desvios entre os conjuntos de instâncias de modelos válidos e pretendidos (GUIZZARDI, 2014). Eles podem ser gerados por representações provavelmente equivocadas de conceitos e relações e revelam possíveis interpretações equivocadas sobre o domínio da ontologia. Em (SALES, 2014) é apresentada uma biblioteca de antipadrões ontológicos encontrados em ontologias desenvolvidas na linguagem OntoUML (GUIZZARDI, 2005). Ferramentas como *Ontology Lightweight Editor* (OLED) (GUERSON *et al.*, 2015) apresentam módulos de detecção de antipadrões e inconsistências sintáticas para essas ontologias e podem ser úteis na execução desta atividade.

4.2.4.2. Avaliação Semântica

Após a *Avaliação Estrutural*, é necessário realizar a *Avaliação Semântica*, atividade na qual será avaliado o conteúdo da ontologia em termos da sua adequação aos requisitos definidos e da satisfação dos usuários finais do conhecimento apresentado na ontologia. A atividade *Avaliação Semântica* é composta pelas seguintes subatividades: (i) Verificação; e (ii) Validação. Verificação de ontologias visa assegurar que a ontologia é construída corretamente, no sentido de que os artefatos de saída de uma atividade atendem às especificações impostas a eles em atividades anteriores. Já validação de ontologias visa assegurar que a ontologia correta é construída, ou seja, que a ontologia atenda ao seu propósito (FALBO, 2014). A Figura 4.9 ilustra as subatividades de *Avaliação Semântica*.

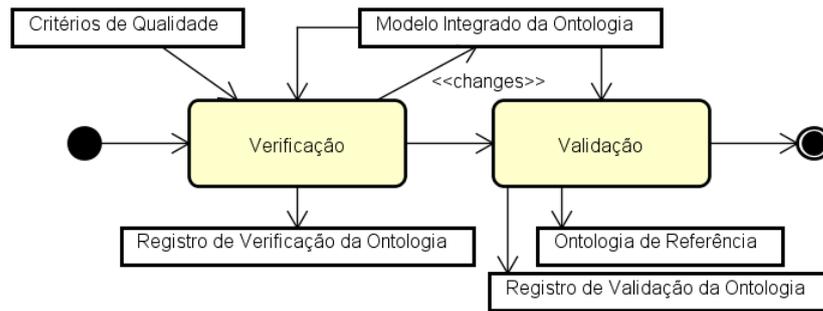


Figura 4.9 – Subatividades de Avaliação Semântica.

Para realizar a avaliação semântica da ontologia, o primeiro passo é a *Verificação* da ontologia. Nesta atividade deve-se avaliar a adequação da ontologia aos requisitos que ela se propõe a satisfazer e aos objetivos que ela se propõe a atender, ou seja, deve-se verificar a competência da ontologia. Deve-se, também, avaliar se a ontologia satisfaz outros critérios de qualidade, tais como clareza, coerência, consistência, comprometimento ontológico mínimo, aderência a padrões estabelecidos para seu desenvolvimento (por exemplo, uso adequado de *templates* de documentos), etc.

Para realizar a verificação da competência da ontologia, para cada objetivo e questão de competência devem ser identificados os elementos da ontologia (conceitos, relações, propriedades e axiomas) capazes de atendê-los (FALBO, 2014). A Tabela 4.5 apresenta o formato de tabela a ser utilizado para verificação da competência da ontologia.

Tabela 4.5 – Tabela para registro de verificação da competência da ontologia

Objetivo	Questão de Competência	Conceitos, Relações e Propriedades	Axiomas
<<Objetivo>>	<<identificador da questão de competência>>	<<enumerar os conceitos, relações e propriedades da ontologia necessários para responder à questão de competência. Conceitos e relações podem ser descritos na forma <i>Conceito1 relação_com Conceito2</i> >>	<<axiomas usados para responder à questão de competência>>

Após a verificação, deve ser realizada a *Validação*. Validação de ontologias é a atividade de avaliação da ontologia que compara o significado das definições da ontologia com o modelo pretendido da porção do mundo que a ontologia pretende conceituar (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012). A validação visa assegurar que a ontologia cumpre sua finalidade específica (FALBO, 2014).

A validação da ontologia deve ser realizada com participação de especialistas de domínio e usuários da ontologia. Os usuários da ontologia devem avaliar se a ontologia está adequada para seus usos pretendidos. Os especialistas de domínio devem avaliar se a conceituação provida pela ontologia reflete a porção do mundo real nela representada.

Validação também pode ser realizada instanciando-se os conceitos da ontologia utilizando-se elementos do mundo real. Nesse caso, uma tabela de instanciação deve ser produzida

representando cada conceito da ontologia e instâncias do mundo real. A Tabela 4.6 apresenta o formato da tabela para registro de validação por instanciação.

Tabela 4.6 – Tabela para validação por instanciação

Conceito	Instâncias
<<conceito>>	<<enumerar instâncias dos conceitos>>

Inconformidades identificadas durante a verificação e a validação da ontologia integrada devem ser tratadas. Uma vez que não haja inconformidades, tem-se como resultado a ontologia de referência.

4.2.5. Design

Produzida a ontologia de referência, pode-se desenvolver uma versão operacional para ser usada em aplicações computacionais. Para obter essa versão operacional, necessário projetá-la e implementá-la em uma linguagem de ontologias particular e passível de ser lida por máquinas (por exemplo, OWL). Na fase de *Design*, a especificação conceitual da ontologia de referência deve ser transformada em uma especificação de projeto levando em consideração questões relacionadas a arquitetura, requisitos tecnológicos não-funcionais, ambiente de implementação, entre outras (FALBO, 2014). Diferentemente das ontologias de referência, as ontologias operacionais não são focadas na adequação da representação, mas são projetadas com o foco na garantia de propriedades computacionais desejáveis. A fase de *Design*, portanto, visa preencher a lacuna entre a modelagem conceitual de ontologias de referência e a codificação das mesmas em termos de uma linguagem de ontologias operacional (GUIZZARDI, 2007). Em *Integra*, decisões de *design* devem levar em consideração o uso pretendido definido de acordo com a perspectiva do engenheiro de ontologias. Por exemplo, se um engenheiro de ontologia desenvolve uma ontologia para ser utilizada em um projeto de interoperabilidade de sistemas, então alguns aspectos relacionados à linguagem na qual a ontologia será implementada podem ser definidos levando em consideração esse uso pretendido.

A fase de *Design* e as demais relacionadas ao desenvolvimento e avaliação da ontologia operacional em *Integra* seguem a proposta de SABiO (2014). Sendo assim, na fase *Design* devem ser identificados requisitos não-funcionais, deve ser definido o ambiente de implementação, o projeto de arquitetura e o projeto detalhado da ontologia operacional.

Conforme discutido anteriormente, o uso de modelos de objetivos permite que sejam estabelecidos relacionamentos entre objetivos e fragmentos de modelos conceituais de ontologia, fazendo com que engenheiros de ontologias possam reutilizar esses fragmentos no desenvolvimento de outras ontologias, a partir dos objetivos elas pretendem alcançar. Para que essa reutilização seja

possível não só no âmbito de ontologias de referência, mas também em ontologias operacionais, o projeto definido para a ontologia operacional deve tratar também o projeto desses fragmentos visando à reutilização.

4.2.6. Implementação

A fase de *Implementação* consiste na implementação da ontologia na linguagem operacional escolhida, ou seja, na implementação das especificações definidas na fase de *Design*. Nesta fase, não só a ontologia operacional propriamente dita deve ser implementada, mas, também, os fragmentos de ontologias relacionados aos objetivos, para que seja possível o reuso dos fragmentos implementados das ontologias.

4.2.7. Teste

Após a fase de implementação deve-se testar a ontologia para avaliar se o comportamento da ontologia implementada está de acordo com o comportamento desejado. O teste da ontologia refere-se à verificação dinâmica e validação do comportamento da ontologia operacional em um conjunto finito de casos de teste, de encontro ao comportamento esperado em relação aos requisitos estabelecidos e objetivos identificados no início do desenvolvimento da ontologia. Assim, *Integra* considera que a fase de testes deve ser orientada aos objetivos que se deseja alcançar e às questões de competência que precisam ser respondidas. Devem ser realizados testes para avaliar cada subontologia (i.e., módulo), a integração entre as diversas subontologias e a ontologia operacional como um todo. Os fragmentos implementados para reuso também devem ser testados. Recomenda-se que no contexto do teste da ontologia como um todo sejam realizados testes de validação, que pode incluir o uso da ontologia operacional em aplicações de software reais, de acordo com os usos pretendidos da ontologia, bem como testes envolvendo os usuários de ontologia.

Integra tem foco no processo de desenvolvimento de ontologias. No entanto além do processo de desenvolvimento propriamente dito, outros processos de apoio podem ser realizados, destacando-se: processo de aquisição do conhecimento, processo de gerência de configuração e processo de documentação. Discussões sobre esses processos no âmbito do desenvolvimento de ontologias encontram-se em (FALBO, 2014).

4.3 Discussão sobre Trabalhos Correlatos

Nesta seção são realizadas algumas discussões sobre os principais trabalhos correlatos a *Integra*. Conforme apresentado neste capítulo, *Integra* é uma abordagem orientada a objetivos para o desenvolvimento de ontologias baseado em integração. Assim, foram considerados trabalhos

correlatos a *Integra* aqueles que propõem abordagens que tratam do desenvolvimento de ontologias e incluem atividades relacionadas a integração nesse contexto e abordagens que tratam integração de ontologias de forma mais específica, sem se preocupar com o processo de desenvolvimento de ontologias como um todo. Alguns desses trabalhos foram apresentados no Capítulo 2 e no Capítulo 3. Foram selecionados para discussão nesta seção SABiO (FALBO, 2014) e NeOn (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012), que foram introduzidos no Capítulo 2 e são abordagens de engenharia de ontologias que consideram integração; (LEUNG *et al.*, 2011) e (CUENCA *et al.*, 2017), aqui chamados, respectivamente, LLFT e CLC, que foram identificados no mapeamento sistemático descrito no Capítulo 3 e apresentam abordagens de integração no âmbito de um processo mais amplo de desenvolvimento de ontologias; e (PINTO; MARTINS, 2001), referenciado como PiM nesta seção, que define um processo específico para integração de ontologias.

A seguir são apresentadas algumas comparações entre esses trabalhos e *Integra*, considerando-se os seguintes aspectos: (i) abrangência da abordagem, (ii) reúso e integração de ontologias, (iii) busca e seleção de ontologias para integração, (iv) operações de integração, e (v) elicitação de requisitos.

(i) Abrangência da Abordagem

Assim como *Integra*, SABiO, NeOn, LLFT e CLC tratam do processo de desenvolvimento de ontologias como um todo, enquanto PiM aborda apenas o processo de integração de ontologias. A Tabela 4.7 apresenta uma visão geral das atividades presentes nos processos propostos em cada uma das abordagens.

Tabela 4.7 - Atividades presentes nos processos propostos nas abordagens

Abordagem	Atividades
Integra	Levantamento de Requisitos da Ontologia Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas Integração das Ontologias Avaliação da Ontologia Integrada Design Implementação Teste
SABiO	Identificação de Propósito e Elicitação de Requisitos Captura e Formalização da Ontologia Design Implementação Teste
NeOn	Especificação Agendamento Conceituação Formalização Implementação

Tabela 4.7 - Atividades presentes nos processos propostos nas abordagens (cont.)

Abordagem	Atividades
PiM	Identificação da possibilidade de integração Identificação de módulos Identificação de premissas e compromissos ontológicos Identificação do conhecimento a ser representado Identificação de ontologias candidatas Obtenção de ontologias candidatas Estudo de ontologias candidatas Escolha de ontologias candidatas mais adequadas Aplicação de operações de integração Análise de ontologia resultante
LLFT	Preparação Análise Projeto Implementação Avaliação Manutenção
CLC	Definição de requisitos Seleção de ontologias para reúso Implementação Integração de ontologias Avaliação de ontologias.

(ii) Reúso e Integração de Ontologias

SABiO foca no desenvolvimento de ontologias e trata reúso como um processo de apoio ao processo de desenvolvimento. SABiO não define as atividades do processo de reúso, logo, não possui atividades específicas para tratar reúso e integração, limitando-se a prover informações sobre formas de reúso possíveis.

Diferente de SABiO, NeOn define atividades específicas para tratar reúso e integração de ontologias, a saber: (i) seleção da ontologia a ser reusada, (ii) customização da ontologia a ser reusada, e (iii) integração da ontologia a ser reusada. Essas atividades ocorrem no contexto dos cenários de NeOn que cobrem reúso de recursos ontológicos (como os cenários 3, 4, 5 e 6 mostrados no Capítulo 2) e podem ser realizadas no âmbito das atividades de Agendamento e Conceituação, apresentadas na Tabela 4.7.

Sendo uma abordagem voltada para integração de ontologias, todas as atividades de PiM são relacionadas a reúso e integração de ontologias (vide Tabela 4.7).

LLFT e CLC também são abordagens voltadas para integração de ontologias, porém, diferentes de PiM e similares à *Integra*, elas possuem um processo mais amplo que inclui outras atividades além das relacionadas à integração. Em LLFT atividades relacionadas a reúso e integração

são realizadas no âmbito da Análise. Já CLC inclui em seu processo atividades para seleção de ontologias para reúso e integração de ontologias. Apesar de LLFT e CLC apresentarem processo de desenvolvimento com atividades voltadas para integração (ou seja, todo o processo leva em consideração o reúso de ontologias), o processo não é detalhado. Assim, *Integra* é a única a propor um processo de desenvolvimento baseado em integração com diretrizes para a realização de suas atividades.

(iii) Busca e Seleção de Ontologias

Uma vez que SABiO não trata reúso e integração em atividades específicas, também não trata busca e seleção de ontologias. NeOn apresenta quatro atividades relacionadas a busca e seleção de recursos ontológicos: (i) busca de ontologias, (ii) avaliação de ontologias, (iii) comparação de ontologias, e (iv) seleção das ontologias. Porém, não existem orientações sobre como essas atividades devem ser realizadas. PiM também define atividades relacionadas à busca e seleção de ontologias: (i) identificação das ontologias candidatas, (ii) obtenção das ontologias candidatas, (iii) estudo e análise das ontologias candidatas, (iv) escolha das ontologias candidatas mais adequadas. A atividade de Análise de LLFT possui subatividades para (i) identificação de ontologias candidatas, (ii) avaliação dos conceitos das ontologias candidatas e (iii) identificação das ontologias candidatas e seus módulos de conhecimento. CLC, por sua vez, possui uma atividade para seleção de ontologias para reúso. *Integra* possui uma fase (Busca e seleção das ontologias a serem integradas) com foco em busca e seleção de ontologias para integração e provê orientações para a execução das atividades dessa fase, ou seja, como as ontologias devem ser identificadas, selecionadas e enriquecidas para serem reutilizadas nas demais fases do processo de desenvolvimento.

(iv) Operações de Integração

Uma vez que SABiO não define as atividades do processo de reúso, também não são definidas operações de integração para a criação de uma ontologia integrada. SABiO se limita a apontar formas de reúso de ontologias de núcleo (especialização) e de fundamentação (especialização, analogia e análise ontológica). NeOn também não define operações de integração e somente indica que os recursos ontológicos a serem reutilizados devem ser incluídos na rede de ontologias sendo construída. LLFT também não define operações de integração. CLC inclui alguns passos no âmbito da implementação da integração (extensão de conhecimento, renomeação de elementos da ontologia, mudanças em propriedades, realocação de conhecimento e aplicação de *design patterns*), mas esses passos não caracterizam de fato, operações de integração. Similar a SABiO,

PiM apenas aponta para formas de reuso das ontologias (adaptação, especialização ou generalização), sem definir operações de integração específicas.

Integra apresenta operações de integração entre conceitos (Unificação, Especialização, Generalização, Agregação/Composição, Interseção, Representação de Papel, Inclusão de Conceitos sem Correspondência), bem como entre relações (Unificação de Relações, Especialização de Relações, Generalização de Relações, Unificação de Relações Inversas, Relações Derivadas). Assim, entre as abordagens analisadas, apenas *Integra* define explicitamente operações de integração.

(v) Elicitação de Requisitos

Em SABiO os requisitos são elicitados e escritos na forma de questões de competência, porém não há detalhes sobre como os requisitos devem ser identificados. NeOn também utiliza questões de competência para especificar os requisitos, porém, assim como SABiO, não orienta sobre a obtenção dos requisitos. A atividade de Análise de LLFT contém uma subatividade para desenvolvimento de um conjunto inicial de cenários e questões de competência. CLC possui a atividade de definição de requisitos da ontologia, onde são definidos requisitos funcionais e não-funcionais. PiM não trata da elicitación de requisitos e foca somente na integração das ontologias propriamente dita. Em *Integra*, modelagem de objetivos é utilizada para apoiar a definição de requisitos em uma etapa anterior à definição de questões de competência, provendo aos engenheiros de ontologias uma forma de elicitar requisitos voltada para questões estratégicas do domínio e para o escopo que se quer apresentar na ontologia e demonstrando maior clareza do *design rationale* da ontologia.

A Tabela 4.8 sumariza a os principais aspectos analisados nas abordagens.

Tabela 4.8 – Sumarização dos aspectos analisados nas abordagens

Aspecto/ Abordagem	Abrangência da Abordagem	Reúso e Integração	Busca e Seleção de Ontologias	Operações de Integração	Elicitação de Requisitos
SABiO	Processo para desenvolvimento de ontologias + processos de apoio	Reúso como processo de apoio ao desenvolvimento de ontologias	Não trata	Não define	Uso de questões de competência
NeOn	Processo de desenvolvimento de ontologias e redes de ontologias	Atividades definidas para tratar reúso de recursos ontológicos e não-ontológicos	Atividades específicas para tratar busca e seleção de ontologias	Não define	Uso de questões de competência
PiM	Processo de integração de ontologias	Tratados em atividades específicas do processo de integração de ontologias	Tratados em atividades específicas do processo de integração de ontologias	Não define	Não trata
LLFT	Processo de desenvolvimento de ontologias baseado em integração	Tratados em atividades do processo de desenvolvimento de ontologias	Tratados em atividades do processo de desenvolvimento de ontologias	Não define	Uso de cenários e questões de competência
CLC	Processo de desenvolvimento de rede de ontologias	Tratados em atividades do processo de desenvolvimento de ontologias	Tratados em atividades do processo de desenvolvimento de ontologias	Não define	Definição de requisitos funcionais e não-funcionais
Integra	Processo para desenvolvimento de ontologias baseado em integração	Tratados em atividades do processo de desenvolvimento de ontologias	Tratados em atividades do processo de desenvolvimento de ontologias	Define operações para integração de conceitos e relações	Uso de modelos de objetivos e questões de competência

Considerando-se as abordagens aqui analisadas, acredita-se que o diferencial de *Integra* em relação às demais abordagens está no fato de *Integra* definir um processo sistemático que guia o engenheiro de ontologias desde o início no desenvolvimento de ontologias baseado em integração, contendo diretrizes e operações de integração, e no uso de modelagem de objetivos para guiar o processo de desenvolvimento e explicitar o *design rationale* da ontologia a ser desenvolvida.

4.4 Considerações Finais do Capítulo

Conforme discutido no Capítulo 2, não há consenso na comunidade quanto ao significado de integração de ontologias. Analisando-se os resultados obtidos no mapeamento sistemático apresentado no Capítulo 3 percebe-se que, além de não haver consenso, a maioria das abordagens encontradas na literatura está preocupada em integrar ontologias para resolver um problema pontual onde é necessário haver um modelo único sobre um dado domínio. Em outras palavras, a maioria das abordagens foca no problema de integração propriamente dito. Poucas são as abordagens que

apresentam atividades de integração de ontologias juntamente com atividades de desenvolvimento de ontologias, ou seja, que tratam do problema de integração no contexto mais amplo do processo de desenvolvimento de ontologias. Isso pode ser entendido como uma falta de preocupação com o motivo pelo qual uma ontologia está sendo criada a partir da integração de outras e com as necessidades dos *stakeholders* do domínio modelado.

Uma consequência da integração de ontologias para produzir uma nova ontologia integrada sem ter clara a motivação para o desenvolvimento dessa nova ontologia, pode ser a produção de ontologias que podem ser menos favoráveis ao reúso, uma vez que seu *design rationale* não é claro.

Neste capítulo foi apresentada *Integra*, uma abordagem orientada a objetivos para desenvolvimento de ontologias baseado em integração. Em *Integra*, a integração é um meio para se atingir um fim. Ou seja, a integração não é vista como um problema isolado a ser resolvido, mas como uma forma de desenvolver ontologias que devem alcançar determinados objetivos. *Integra* contém atividades que guiam levantamento de requisitos; busca por ontologias para integração; integração das ontologias; avaliação da ontologia integrada, resultando em uma ontologia de referência; e *design*, implementação e teste da ontologia em sua versão operacional.

Integra provê diretrizes para o desenvolvimento de ontologias baseado em integração e auxilia os engenheiros de ontologias a, além de reutilizar ontologias existentes durante o desenvolvimento de uma nova ontologia, entender motivação por trás do desenvolvimento dessa ontologia.

Cabe ressaltar que, embora *Integra* defina um processo para auxiliar engenheiros de ontologias no desenvolvimento de ontologias a partir do reúso e integração de ontologias, sua execução requer de seus usuários conhecimento prévio em modelagem de objetivos e desenvolvimento de ontologias. Além disso, muito conhecimento tácito está envolvido na execução das atividades do processo (por exemplo, na elaboração dos modelos de objetivos). As atividades de *Integra* buscam guiar o desenvolvimento de ontologias a partir do reúso e integração de ontologias, mas não pretendem (e nem poderiam pretender) fornecer todo o conhecimento envolvido na execução do processo.

No próximo capítulo são apresentados resultados da avaliação de *Integra*, que foi conduzida por meio de uma prova de conceito e um estudo de caso.

Capítulo 5

Avaliação da Abordagem Proposta

Neste capítulo é apresentada a avaliação inicial da abordagem proposta neste trabalho, realizada através de uma prova de conceito e um estudo de caso. A Seção 5.1 apresenta a introdução do capítulo. A Seção 5.2 apresenta os resultados produzidos ao se realizar a prova de conceito. A Seção 5.3 discute resultados do estudo de caso. A Seção 5.4 apresenta as considerações finais do capítulo.

5.1 Introdução

No Capítulo 4 foi apresentada *Integra*, a abordagem de desenvolvimento de ontologias baseada em integração e orientada a objetivos proposta neste trabalho. Para avaliar a viabilidade de uso da abordagem proposta, inicialmente, foi realizada uma prova de conceito na qual *Integra* foi utilizada para desenvolver uma ontologia sobre ofertas de produtos na Web. Segundo Oates (2006), uma prova de conceito mostra que uma proposta é exequível, porém não permite concluir se ela funciona em um contexto real. Assim, para avaliar o uso de *Integra* em um contexto real, foi conduzido um estudo de caso no qual um engenheiro de ontologias utilizou a abordagem para desenvolver uma ontologia para o domínio de ocorrência policial. Uma vez que as fases de *Integra* relacionadas ao desenvolvimento de uma versão operacional da ontologia de referência (i.e., Design, Implementação e Teste) são análogas às respectivas fases de SABiO (FALBO, 2014), e SABiO já foi utilizada no desenvolvimento de diversas ontologias, em ambas as avaliações conduzidas no contexto deste trabalho foram realizadas apenas as fases de *Integra* necessárias para produzir a ontologia de referência, não tendo sido desenvolvida uma versão operacional para ela.

5.2 Prova de Conceito

Para realizar a prova de conceito, a autora deste trabalho executou as atividades de *Integra* para desenvolver uma ontologia sobre oferta de produtos na Web. Nesta seção são apresentados os principais resultados produzidos na execução das atividades. A seguir, são apresentadas algumas informações sobre o domínio tratado na ontologia.

Oferta é o ato de oferecer, doar algo; um oferecimento; a ação de oferecer alguma coisa por um preço determinado. A oferta está relacionada com a disponibilidade de algo ou alguma coisa, quando há vagas (por exemplo, oferta de emprego) ou produtos para serem oferecidos, ofertados. No contexto do marketing, a oferta é a condição de comercialização que um vendedor pode fazer sobre um produto ou serviço.

Ofertar produtos na Web é o fato de um vendedor utilizar meios eletrônicos para disponibilizar ofertas visando à comercialização dos produtos ofertados. Ofertas são publicadas e disponibilizadas em websites e indexadas por indexadores de busca, se tornando disponíveis para que consumidores as encontrem.

Para publicar ofertas de produtos na web é necessário que o ofertador decida onde a oferta será disponibilizada (por exemplo, websites como MercadoLivre, Amazon, Ebay, TaoBao, etc.) e o que será informado na oferta.

Uma oferta de produto deve especificar o preço da oferta, o tipo da oferta (por exemplo, venda ou leilão), os métodos de envio e entrega, o preço para cada método de envio, o tempo de entrega para cada método de envio, as localidades para as quais a oferta está disponível, os métodos de pagamento disponíveis para a oferta, o item da oferta, o tempo de disponibilidade da oferta, o ofertador, o tipo de ofertador, a especificação de preço da oferta e a localização do ofertador. Ao especificar o item sendo ofertado, deve-se informar se é um item individual (por exemplo, o iPhone 8 que pertence ao João da Silva e está sendo ofertado) ou um modelo de produto (por exemplo, uma oferta de iPhone 8, que não se refere a um item individual, mas a um modelo de produto), quais são as partes relevantes do item, suas categorias e subcategorias (por exemplo, informática/computadores, eletrodomésticos/geladeiras, literatura/quadrinhos), quais as propriedades quantitativas (por exemplo, peso) e qualitativas (por exemplo, cor) do item, e informações sobre garantia, quando houver.

5.2.1 Levantamento de Requisitos da Ontologia

Conforme definido em *Integra*, o levantamento de requisitos da ontologia tem início com a atividade *Modelagem de Objetivos*. Sua primeira subatividade diz respeito à *Descoberta dos Atores do Domínio e Identificação dos Usuários da Ontologia*. Nesta subatividade, foi realizada uma análise do fenômeno de ofertas na Web no mundo real e, através dela, percebeu-se que atores importantes para o domínio são: Ofertador, Indexador, Disponibilizador, Consumidor, Operadora de pagamento, Operadora de envio/entrega e Fabricante de Produtos. Dentre esses atores, considerou-se que, para a ontologia sendo desenvolvida na prova de conceito, o mais relevante é o Ofertador, uma vez que é ele quem cria as ofertas para serem disponibilizadas na Web.

Uma vez identificado o principal ator do domínio, foi realizada a subatividade *Modelagem de Objetivos sob a Perspectiva dos Principais Atores*, na qual foram modeladas as perspectivas do ator Ofertador e também do Engenheiro de Ontologias, pois como definido em *Integra*, além dos atores do domínio, esse é um ator cujos objetivos impactam no desenvolvimento da ontologia e, por isso, deve ser considerado. A Figura 5.1 apresenta o modelo de perspectiva do ator Ofertador e a Figura

5.2 apresenta o modelo de perspectiva do Engenheiro de Ontologias. Na figura, os recursos “Item da oferta” e “Categorias e subcategorias do item da oferta” foram duplicados para diminuir a poluição visual no modelo. Além disso, na figura, os links representados entre tarefas e objetivos usam o símbolo do constructo OR, devido a limitações da ferramenta utilizada. Essas relações, embora representadas com o símbolo do constructo OR, devem ser entendidas como AND.

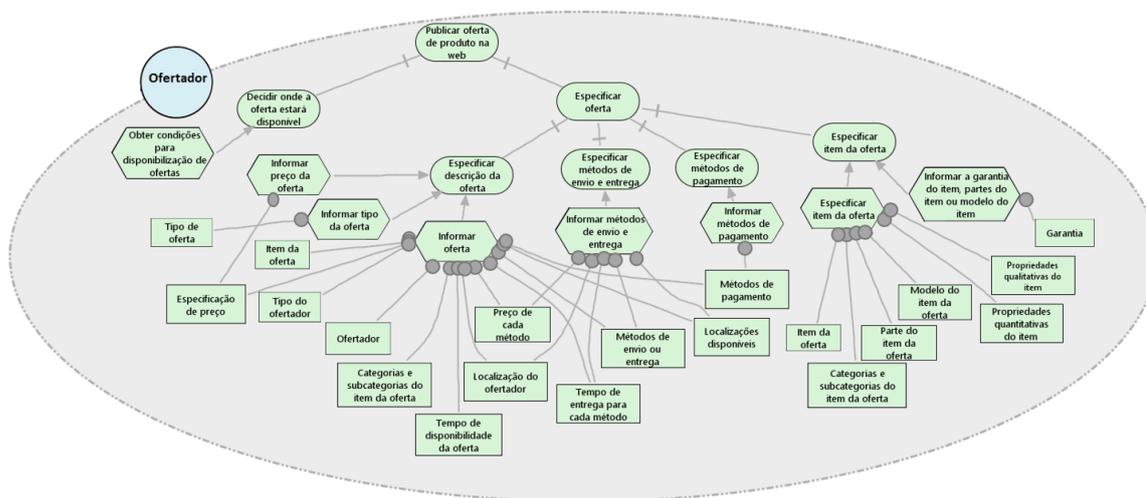


Figura 5.1 – Modelo da perspectiva do ator Ofertador.

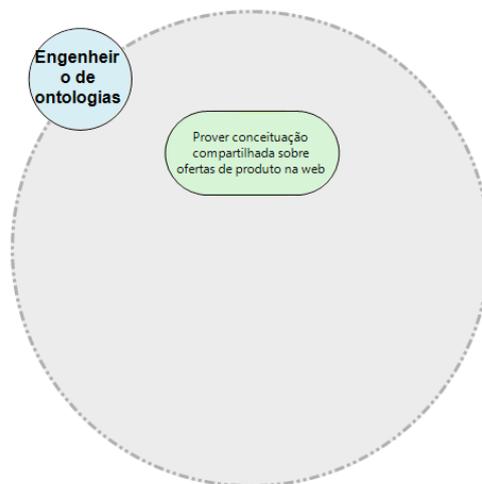


Figura 5.2 – Modelo da perspectiva do ator Engenheiro de ontologias

O objetivo principal do Ofertador é “Publicar oferta de produto na web”. Para isso, é necessário que o ele decida onde a oferta será disponibilizada (“Decidir onde a oferta estará disponível”) e o que será informado na oferta (“Especificar oferta”). As informações disponibilizadas na oferta (“Especificar descrição da oferta”) estão relacionadas ao item sendo ofertado, ao ofertador, aos métodos de envio e entrega, aos métodos de pagamento e à própria oferta (p.ex., tempo de disponibilidade). Assim, para que seja possível especificar a oferta, é preciso, também, especificar métodos de envio e entrega (“Especificar métodos de envio e entrega”),

métodos de pagamento (“Especificar métodos de pagamento”) e itens da oferta (“Especificar item da oferta”).

O objetivo do engenheiro de ontologias é “Prover uma conceituação compartilhada sobre oferta de produto na Web”, para que todos os atores envolvidos no domínio possuam o mesmo entendimento e utilizem o mesmo vocabulário ao tratar do assunto.

Após a modelagem da perspectiva dos principais atores, foi realizada a subatividade *Modelagem da Dependência entre Atores*, na qual foram modeladas as dependências entre os atores do domínio. A Figura 5.3 apresenta o modelo de dependência entre os atores do domínio de oferta na Web. Vale destacar que neste modelo são considerados todos os atores previamente identificados para o domínio e não apenas o ator que teve seus objetivos explicitados no modelo de perspectiva.

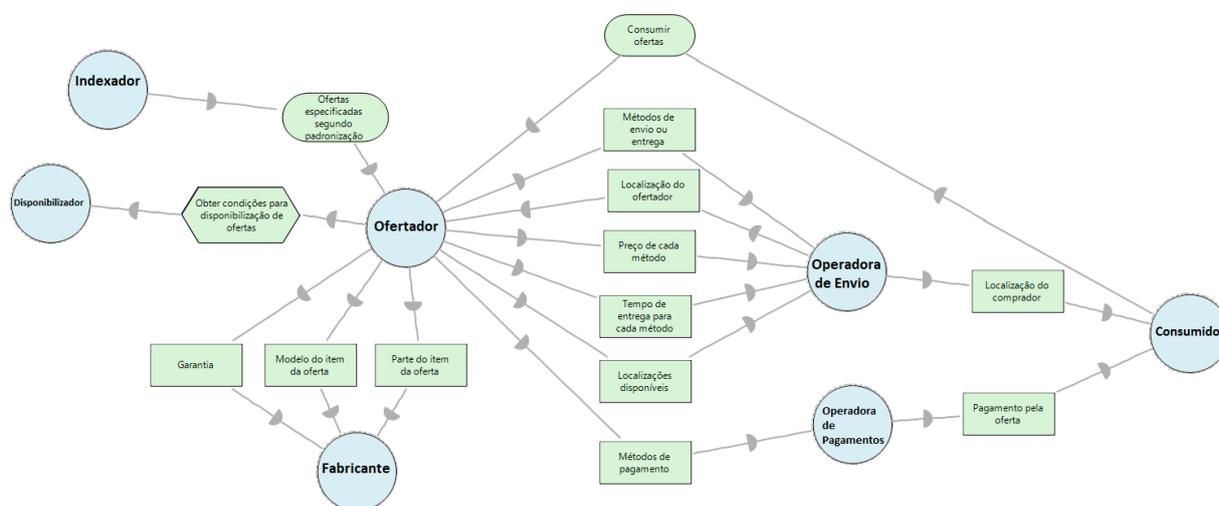


Figura 5.3 – Modelo de Dependência entre atores.

Após a modelagem das dependências entre os atores, foi realizada a subatividade *Definição do Propósito e Uso Pretendido da Ontologia*. Para isso, foi realizada a análise da relação entre o objetivo do Engenheiro de Ontologias na construção da ontologia e os objetivos e dependências ilustrados nos modelos de perspectiva do Ofertador e de dependência entre atores. Assim, o propósito definido para a ontologia é *auxiliar na definição, publicação e consumo de ofertas de produtos na Web*. O uso pretendido da ontologia é *servir de conceituação compartilhada sobre oferta de produtos na Web*. Em relação ao propósito da ontologia, por questões pragmáticas, nesta prova de conceito focou-se na definição de ofertas de produtos na Web.

Concluída a atividade *Modelagem de Objetivos*, foi realizada a atividade *Derivação das Questões de Competência*. Para isso, o modelo de objetivos apresentado na Figura 5.2 foi analisado e questões de competência foram identificadas. Por exemplo, o modelo da Figura 5.2 mostra que para alcançar o objetivo “Especificar descrição da oferta” é necessário “Informar oferta” e, para isso, é necessário obter informações sobre os métodos de envio e entrega. Assim, uma questão de competência que a

ontologia deve ser capaz de responder é “Quais são os métodos de envio ou entrega disponíveis para uma determinada oferta?”. A Figura 5.4 ilustra o modelo de objetivos acrescido de indicação das questões de competência dele derivadas, as quais são listadas na Tabela 5.1. Para a derivação das questões de competência QC20, QC22 e QC23 foram consideradas informações não só do modelo de perspectivas dos atores (Figura 5.2), mas também do modelo de dependências entre atores (Figura 5.3): no modelo da Figura 5.2 é possível perceber a necessidade de tratar métodos de pagamento, métodos de envio e entrega e garantia; e no modelo da Figura 5.3 percebe-se que estes estão relacionados, respectivamente, a Operadora de Pagamento, Operadora de Envio e Fabricante.

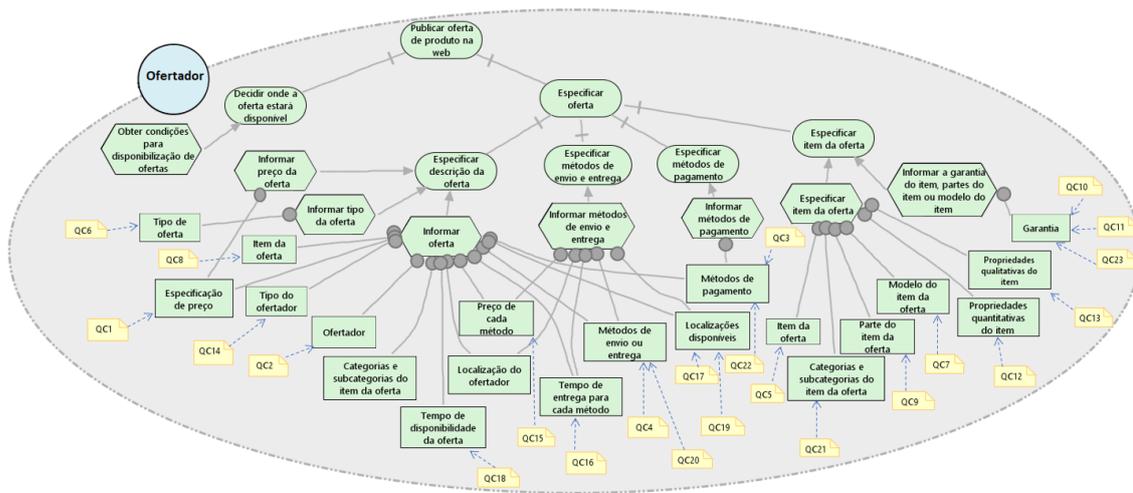


Figura 5.4 – Modelo de Perspectiva de Atores com QC derivadas.

Tabela 5.1 –Questões de Competência derivadas do modelo da Figura 5.4

Identificador	Descrição
QC1	Qual é o preço de uma oferta?
QC2	Quem é o ofertador de uma oferta?
QC3	Quais são os métodos de pagamento disponíveis para uma determinada oferta?
QC4	Quais são os métodos de envio e entrega disponíveis para uma determinada oferta?
QC5	Quais são os itens ofertados em uma oferta?
QC6	Qual é o tipo de uma oferta?
QC7	Qual é o modelo de item de oferta oferecido em uma oferta?
QC8	Quais são os itens de oferta individuais oferecidos em uma oferta?
QC9	Quais são os componentes de um item de oferta?
QC10	Qual é a garantia de um item de oferta individual?
QC11	Qual é a garantia do modelo de um item de oferta?
QC12	Quais são as propriedades quantitativas de um item de oferta?
QC13	Quais são as propriedades qualitativas de um item de oferta?
QC14	Qual é o tipo do ofertador de uma determinada oferta?

Tabela 5.1 –Questões de Competência derivadas do modelo da Figura 5.4 (cont.)

Identificador	Descrição
QC15	Qual é o preço de entrega de uma oferta para cada método de envio e entrega?
QC16	Qual é o prazo de entrega de uma oferta para cada método de envio e entrega?
QC17	Para quais locais uma determinada oferta está disponível?
QC18	Qual o tempo de disponibilidade de uma oferta?
QC19	Qual é o preço de envio ou entrega de uma oferta para um determinado local?
QC20	Qual é a entidade de negócio responsável pelo envio e entrega dos itens de uma oferta?
QC21	Quais são as categorias e subcategorias de um item de oferta?
QC22	Qual é a entidade de negócio relacionada com os métodos de pagamento de uma oferta?
QC23	Qual é a entidade de negócio que provê garantia aos itens de uma oferta?

Após a definição das questões de competência, foi realizada a atividade *Modularização da Ontologia*. *Integra* sugere que informações presentes nos modelos de objetivos sejam utilizadas para auxiliar na identificação de módulos da ontologia. Decidiu-se, então, tratar em uma subontologia os papéis envolvidos na oferta de produto. Esses papéis foram representados como atores (Fabricante, Operadora de Envio e Operadora de Pagamentos) no modelo de dependências entre atores e estão relacionados às questões de competência QC20, QC22 e QC23. Os objetivos definidos no modelo de perspectivas dos atores também poderiam ser usados para definir subontologias, sendo definida uma subontologia para cada subobjetivo de Especificar Oferta (vide Figura 5.2). Porém, nesse caso, as subontologias referentes a métodos de envio e entrega e a métodos de pagamento ficariam muito pequenas. Assim, decidiu-se tratar em uma subontologia os conceitos relacionados à especificação da descrição da oferta, o que também envolve métodos de envio e entrega e métodos de pagamento, e em outra subontologia os conceitos relacionados à especificação de itens da oferta. A Figura 5.5 apresenta os módulos definidos para a ontologia e a Tabela 5.2 apresenta as descrições dos módulos.

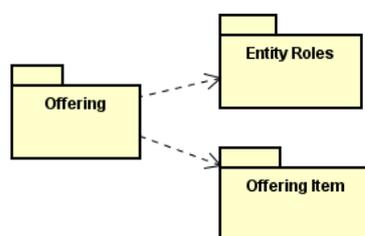


Figura 5.5 – Módulos da ontologia

Tabela 5.2 – Descrição dos módulos da ontologia

Subontologia	Descrição
<i>Offering Subontology</i>	Subontologia que trata da oferta de produtos e aspectos relacionados
<i>Offering Item Subontology</i>	Subontologia que trata de itens de oferta
<i>Entity Roles Subontology</i>	Subontologia que trata dos papéis envolvidos na oferta de produtos

5.2.2 Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas

Uma vez estabelecidos os requisitos da ontologia e sua modularização, passou-se para a fase de *Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas*. A primeira atividade realizada nesta fase foi *Identificação das Ontologias Candidatas para Integração*, na qual foram realizadas buscas por ontologias capazes de atender os objetivos identificados nos modelos de objetivos produzidos na fase anterior. Uma vez que o principal objetivo considerado na ontologia é publicar oferta de produto na Web e que, para isso, é preciso especificar a oferta, foram feitas buscas no Google por ontologias capazes de especificar ofertas de produto na Web. Isso levou à identificação da *Good Relations Ontology*. Porém, a *Good Relations Ontology* não é capaz de atender o objetivo relacionado à descrição de item da oferta. Assim, foi identificada a *Product Ontology*, que trata de tipos de produtos. Como nenhuma das duas ontologias supracitadas é capaz de atender ao objetivo relacionado à especificação de métodos de envio e entrega, foram identificadas as ontologias *Time Ontology* e *DBpedia Ontology*, que possuem conceitos relacionados a tempo e localização, identificados através da comparação com os recursos derivados do objetivo, que indicam itens de informação relacionados ao objetivo citado. A Tabela 5.3 apresenta as ontologias candidatas encontradas.

Tabela 5.3 – Ontologias Candidatas

Ontologia Candidata	Fonte	Informações Disponíveis
<i>Good Relations Ontology</i>	http://www.heppnetz.de/projects/goodrelations/	Modelo conceitual, definição dos termos
<i>Product Ontology</i>	http://www.productontology.org/	Arquivo rdf com as classes
<i>Time Ontology</i>	https://www.w3.org/TR/owl-time/	Modelo conceitual, definição dos termos
<i>DBpedia Ontology</i>	https://wiki.dbpedia.org/services-resources/ontology	Descrição das classes

Após a busca e identificação das ontologias candidatas, foi realizada a *Seleção de Ontologias para Integração*, atividade na qual as ontologias candidatas foram avaliadas e selecionadas para integração. O critério usado para a seleção foi a existência de um modelo conceitual, definição ou descrição dos conceitos da ontologia. A Tabela 5.4 apresenta as ontologias selecionadas.

Tabela 5.4 – Ontologias Seleccionadas

Ontologia Seleccionada	Fonte	Cr�terios que atende
<i>Good Relations Ontology</i>	http://www.heppnetz.de/projects/goodrelations/	Modelo conceitual, defini�o dos termos
<i>Time Ontology</i>	https://www.w3.org/TR/owl-time/	Modelo conceitual, defini�o dos termos
<i>DBpedia Ontology</i>	https://wiki.dbpedia.org/services-resources/ontology	Descri�o das classes

Ap s a sele o das ontologias, na atividade *Enriquecimento das Ontologias a serem Integradas*, foi realizada uma an lise para avaliar a necessidade de reengenharia das ontologias seleccionadas. Assim, foi realizada uma an lise ontol gica das ontologias seleccionadas, considerando os conceitos relevantes para o escopo da ontologia sendo desenvolvida. Para a an lise ontol gica foi utilizada UFO - *Unified Foundational Ontology* (GUIZZARDI, 2005). A Figura 5.6 ilustra um fragmento obtido ap s reengenharia da *Good Relations Ontology*, retirado de (SALAMON *et al.*, 2017). Na figura, *Model Specification* refere-se a um conjunto de descri es protot picas que podem ser usadas para especificar um item de oferta (*Offering Item*). Quando o item de oferta   um produto individual (*Individual Product*) (por exemplo, o celular da Jordana), a especifica o do modelo   dita modelo do produto (*Product Model*) (por exemplo, especifica o do iPhone 8) e o item por ele descrito   um produto individual especificado pelo modelo (*Individual Product Specified by Model*) (por exemplo, o celular da Jordana especificado como um iPhone 8). Quando o item de oferta n o diz respeito a um produto individual, mas a um modelo de produto, oferece-se uma especifica o de modelo (*Offered Model Specification*), (por exemplo, iPhone 8), sem determinar o produto individual que o consumidor receber .

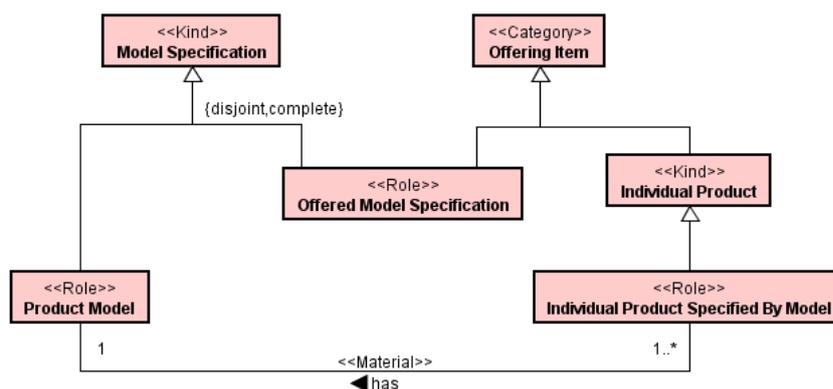


Figura 5.6 – Fragmento da *Good Relations Ontology* ap s atividade de reengenharia

A Figura 5.7 ilustra dois fragmentos obtidos ap s reengenharia da *Time Ontology*. O primeiro fragmento (fragmento   esquerda na figura) trata da especifica o de um ponto espec fico no tempo, enquanto o segundo fragmento (fragmento   direita na figura) trata da especifica o de um intervalo de tempo. No primeiro fragmento, *Temporal Position*   o conceito mais geral, que possui propriedades

para indicar o sistema temporário de referência em uso. *Time Position* tem propriedades para alternativamente descrever a posição temporal usando um número (ou seja, uma coordenada temporal), ou um valor nominal (por exemplo, período de tempo geológico, nome dinástico, era arqueológica). *General Date Time Description* tem um conjunto de propriedades para especificar a data e hora usando elementos de calendário e relógio. *Date Time Description* corrige o sistema de referência temporal para o calendário gregoriano. No segundo fragmento, *Temporal Duration* é o conceito mais geral. *Duration* tem propriedades para descrever a duração usando um número escalado (ou seja, uma quantidade temporal). *General Duration Description* tem um conjunto de propriedades para especificar uma duração usando elementos de calendário e relógio. Sua subclasse *Duration Description* fixa o sistema de referência temporal ao calendário gregoriano. *Temporal Unit* é uma duração padrão que é usada para dimensionar um período de tempo e capturar sua granularidade ou precisão.

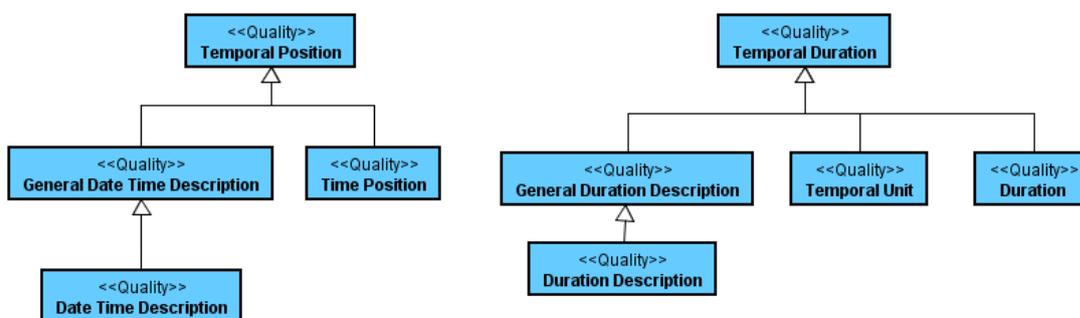


Figura 5.7 – Fragmentos da *Time Ontology* após enriquecimento

Em relação à *DBPedia Ontology*, os conceitos relevantes para a ontologia sendo desenvolvida são: *Time Period*, que possui propriedades que indicam uma data de início e uma data de fim de um período de tempo e *Locality*, que indica uma área populada.

5.2.3 Integração das Ontologias

Uma vez selecionadas as ontologias a serem integradas e sendo realizado seu enriquecimento, passou-se para a fase de *Integração das Ontologias*. A primeira atividade desta fase consistiu na *Identificação dos Mapeamentos entre as Ontologias*, na qual, a partir dos modelos obtidos na atividade anterior, foram identificados mapeamentos entre os conceitos e relações das ontologias selecionadas para integração. A Tabela 5.5 apresenta os mapeamentos entre conceitos identificados. Não foram encontradas relações semânticas entre relações.

Tabela 5.5 – Mapeamentos identificados

Conceito A	Ontologia de Origem do Conceito A	Correspondência	Conceito B	Ontologia de Origem do Conceito B
<i>Model Specification</i>	<i>Good Relations</i>	[-]		
<i>Product Model</i>	<i>Good Relations</i>	[-]		
<i>Offered Model Specification</i>	<i>Good Relations</i>	[-]		
<i>Individual Product</i>	<i>Good Relations</i>	[-]		
<i>Duration Description</i>	<i>Time Ontology</i>	[E]	<i>Time Period</i>	<i>DBpedia Ontology</i>
<i>Locality</i>	<i>DBpedia Ontology</i>	[-]		
<i>Date Time Description</i>	<i>Time Ontology</i>	[-]		

Após a identificação dos mapeamentos, foi feita a *Aplicação das Operações de Integração* e, em seguida, foi realizado o *Desenvolvimento do Modelo Integrado*. Para isso, após serem realizadas as operações de integração, analisou-se o escopo da ontologia considerando-se seus modelos de objetivos e questões de competência e foram identificados e adicionados à ontologia integrada os conceitos e relações não fornecidos pelas ontologias utilizadas na integração e necessários para tratar o escopo definido para a ontologia sendo desenvolvida.

A seguir são apresentados os diagramas do modelo integrado da ontologia. Nas figuras, os conceitos em cor de rosa são oriundos da *Good Relations Ontology*, os conceitos em verde vieram da ontologia *DBpedia Ontology*, os conceitos em azul são oriundos da *Time Ontology* e os conceitos em amarelo são conceitos adicionados ao modelo para cobrir o escopo definido para a ontologia. Os modelos são representados utilizando-se OntoUML (GUIZZARDI, 2005) acrescido do estereótipo Normative Description, um conceito da ontologia de fundamentação UFO (GUIZZARDI, 2005) e do estereótipo High Order, um conceito de MLT (CARVALHO *et al.*, 2017). A Figura 5.8 apresenta o modelo conceitual da subontologia *Offering*,

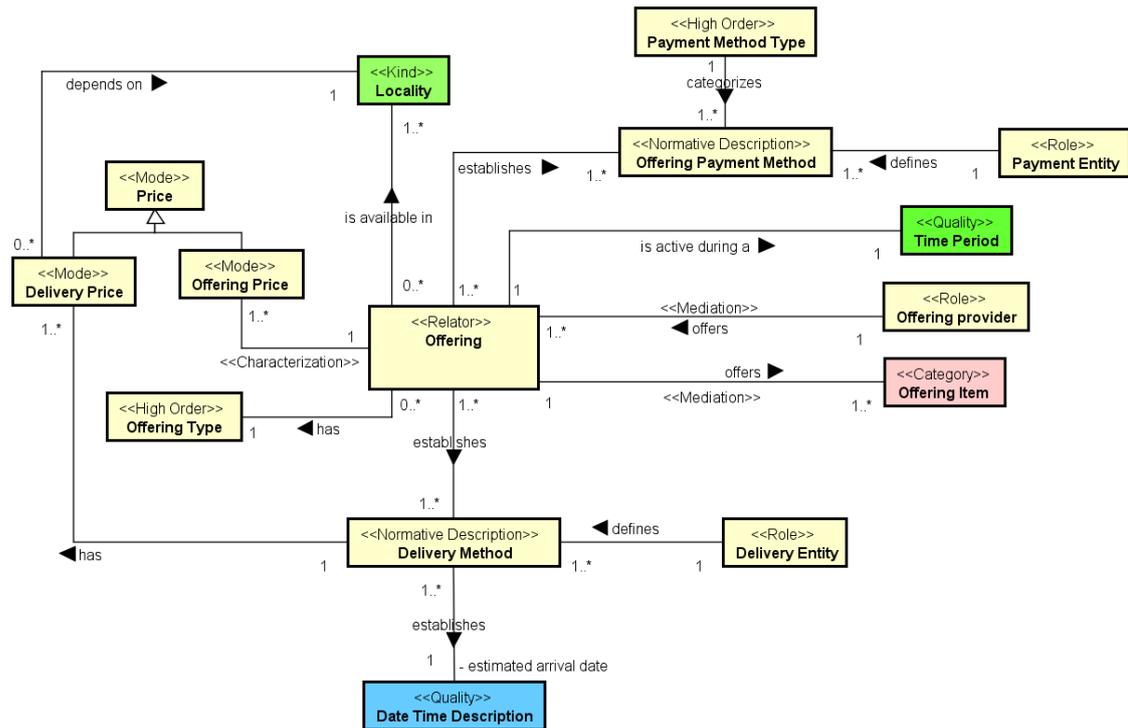


Figura 5.8 – Diagrama OntoUML da subontologia Offering.

Offering representa uma oferta na Web que oferece um ou mais *Offering Item* e é oferecida por um *Offering Provider*. *Offering* possui um *Offering Type*, que sumariza as possíveis formas que um *Offering Provider* pode oferecer um *Offering Item* (por exemplo, venda, leilão, etc.). Uma *Offering* está disponível durante um período de tempo (*Time Period*). *Offerings* indicam *Delivery Methods*, que representam os métodos de envio e entrega disponíveis para uma oferta (por exemplo, SEDEX, PAC, FedEx, etc.). Um *Delivery Method* estabelece uma data estimada de chegada (*estimated arrival date*) e é definido por uma *Delivery Entity* (por exemplo, Correios). Além disso, cada *Delivery Method* possui uma especificação de preço para a entrega (*Delivery Price*), que depende das localidades (*Locality*) para as quais a oferta está disponível. *Offerings* possuem especificações de preço (*Offering Price*) e determinam métodos para a realização do pagamento (*Offering Payment Method*) (por exemplo, boleto bancário Banco do Brasil, cartão de crédito Visa, etc.), que são definidos por *Payment Entities* (por exemplo, Banco do Brasil e operadora de cartões de crédito Visa) e categorizados por *Payment Method Types* (por exemplo, Cartão de Crédito, Boleto Bancário, Moeda Virtual).

A Figura 5.9 apresenta o modelo conceitual da subontologia *Offering Item*. Uma descrição do modelo é apresentada após a figura. Conceitos oriundos da *Good Relations Ontology* (em rosa) descritos anteriormente (vide Figura 5.6) não são definidos novamente.

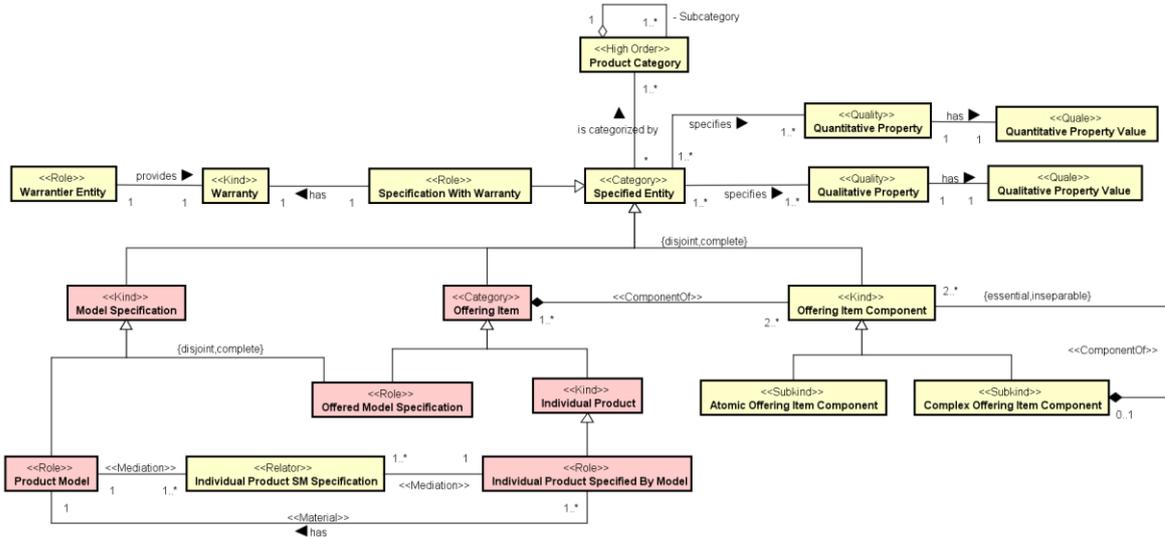


Figura 5.9 – Diagrama OntoUML da subontologia Offering Item.

Specified Entity diz respeito a entidades que podem ser especificadas no âmbito de oferta, ou seja: *Model Specification*, *Individual Product* e *Offering Item Component*. Como o próprio nome sugere, um *Offering Item Component* é um componente de um *Offering Item*. Um *Offering Item Component* pode ser um *Atomic Offering Item Component*, ou seja, um componente que não pode ser decomposto em partes menores (como por exemplo, uma camisa) ou pode ser um *Complex Offering Item Component*, isto é, um componente que pode ser decomposto em outros componentes (por exemplo, um carro é composto de partes cujas características também são importantes em uma oferta). Uma *Specified Entity* é categorizada em uma ou mais categorias (*Product Category*) (por exemplo, Eletrodoméstico) e subcategorias (*subcategory*) (por exemplo, Geladeira é subcategoria de Eletrodoméstico). *Specified Entities* podem possuir uma garantia (*Warranty*), que é provida por uma *Warrantier Entity*. Uma *Specified Entity* possui *Quantitative Property* (por exemplo, peso) ou *Qualitative Property* (por exemplo, cor). *Quantitative Property Value* e *Qualitative Property Value* referem-se, respectivamente, a valores das propriedades quantitativas (por exemplo, o valor “100g” atribuído à propriedade peso) e qualitativas (por exemplo, o valor “preto” atribuído à propriedade cor).

A Figura 5.10 apresenta o modelo conceitual da subontologia *Entity Roles*.

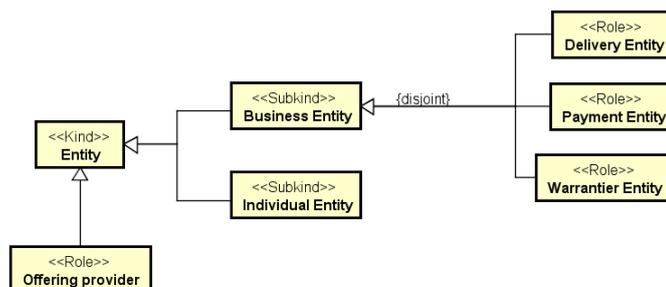


Figura 5.10 – Diagrama OntoUML da subontologia Entity Roles.

Uma *Entity* é um conceito genérico que pode ser uma *Individual Entity*, ou seja, uma pessoa natural, ou uma *Business Entity*, isto é, uma empresa. Quando uma *Entity* define uma *Offering*, ela assume o papel de *Offering Provider*. Uma *Business Entity* pode desempenhar diferentes papéis uma oferta; *Delivery Entity*, quando é responsável pelo envio e entrega de ofertas; *Payment Entity* quando é responsável pela operação de pagamento na oferta; e *Warrantier Entity*, quando é responsável por prover a garantia dos itens da oferta.

5.2.4 Avaliação da Ontologia Integrada

Produzido o Modelo Integrado da Ontologia, foi realizada sua avaliação. Primeiramente foi feita a *Avaliação Estrutural*, onde foi avaliada a existência de inconsistências e redundâncias, utilizando-se a ferramenta OLED (GUERSON *et al.*, 2015). Após a avaliação estrutural, foi realizada a *Avaliação Semântica*, que consistiu na *Verificação* e *Validação* da ontologia. No primeiro caso, analisa-se se a ontologia desenvolvida atende aos requisitos (objetivos e questões de competência). No segundo, se a ontologia desenvolvida cumpre sua finalidade específica. A Tabela 5.6 apresenta os resultados da atividade de verificação. Uma vez que não foram definidos axiomas para a ontologia produzida, não é apresentada a coluna referente aos axiomas na Tabela 5.6. Para melhor organização da tabela, as questões de competência foram agrupadas por objetivo.

Tabela 5.6 – Verificação da Ontologia

Objetivo	Questão de Competência	Conceitos e Relações
Especificar Descrição da Oferta	QC1	<i>Offering is characterized by</i> Offering Price
	QC2	<i>Offering offers</i> Offering Provider
	QC6	<i>Offering has</i> Offering Type
	QC14	<i>Offering offers</i> Offering Provider <i>Generalization</i> Entity
	QC17	<i>Offering is available in</i> Location
	QC18	<i>Offering is active during a</i> Time Period
	QC19	<i>Offering establishes</i> Delivery Method <i>has</i> Delivery Price <i>depends on</i> Location
Especificar Métodos de Pagamento	QC3	<i>Offering establishes</i> Offering Payment Method
	QC23	<i>Offering establishes</i> Offering Payment Method <i>defines</i> Payment Entity
Especificar Métodos de envio e entrega	QC4	<i>Offering establishes</i> Delivery Method
	QC15	<i>Offering establishes</i> Delivery Method <i>has</i> Delivery Price
	QC16	<i>Offering establishes</i> Delivery Method <i>establishes</i> Date Time Description
	QC20	<i>Offering establishes</i> Delivery Method <i>defines</i> Delivery Entity

Tabela 5.6 – Verificação da Ontologia (cont.)

Objetivo	Questão de Competência	Conceitos e Relações
Especificar item da oferta	QC5	Offering offers Offering Item
	QC7	Offering offers Offering Item Generalization Offered Model Specification
	QC8	Offering offers Offering Item Generalization Individual Product
	QC9	Offering offers Offering Item ComponentOf Offering Item Component
	QC10	Offering offers Offering Item Specification Specified Entity Generalization Specification With Warranty has Warranty
	QC11	Offering offers Offering Item Specification Specified Entity Generalization Specification With Warranty has Warranty
	QC12	Offering offers Offering Item Specification Specified Entity specifies Quantitative Property
	QC13	Offering offers Offering Item Specification Specified Entity specifies Qualitative Property
	QC21	Offering offers Offering item Specification Specified Entity is_categorized_by Product Category
	QC23	Offering offers Offering Item Specification Specified Entity Generalization Specification With Warranty has Warranty provides Warrantier Entity

Para validação da ontologia, foram identificadas instâncias dos conceitos da ontologia, a fim de mostrar que a ontologia é capaz de representar situações de mundo real. A Tabela 5.7 apresenta instâncias identificadas durante a validação, as quais foram extraídas de ofertas de produto encontradas na Internet.

Tabela 5.7 – Tabela de Instanciação da Ontologia

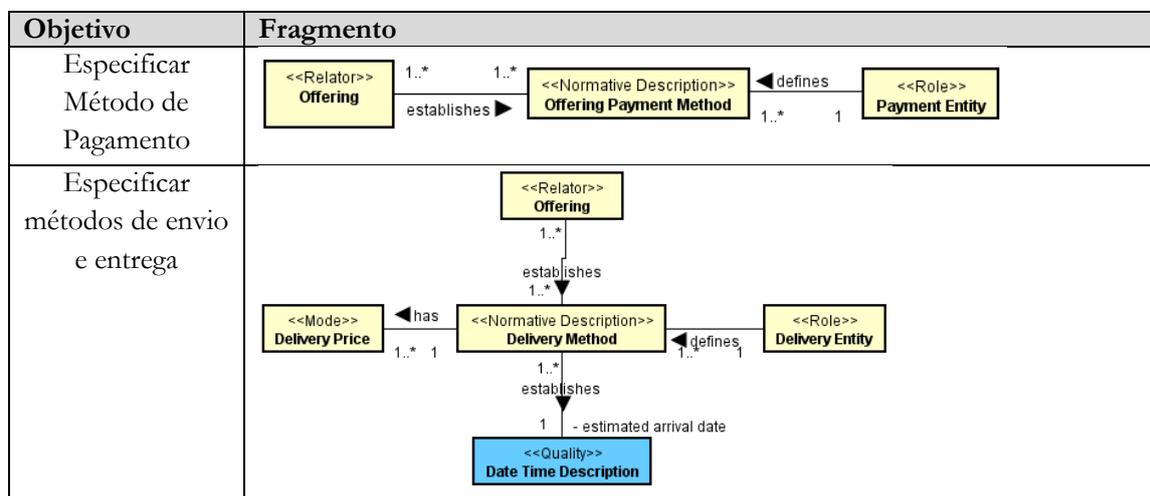
Conceito	Instâncias
<i>Offering Item/ Offered Model Specification</i>	Ideapad 320 Processador até 8ª Geração Intel® Core™ Sistema Operacional Windows 10 Home Gráficos Intel® HD Graphics 620 NVidia® GeForce® 940MX (em alguns modelos) NVidia® GeForce® MX150 (em alguns modelos) Memória Modelos com Intel Celeron: até 8GB de memória máxima 1600MHz DDR3L (1 slot) Modelos com Intel Core 7ª Geração: até 16GB de memória máxima 2133MHz DDR4 (1 slot)

	<p>Modelos com Intel Core 8ª Geração: até 20GB de memória máxima 2133MHz DDR4 (1 slot)</p> <p>Tela HD 15.6" (1366x768) Antirreflexo Full HD 15.6" (1920x1080) Antirreflexo Câmera 0.3MP</p> <p>Armazenamento até HD 1TB (5400 rpm) / HD 2TB (5400 rpm)</p> <p>Unidade Ótica Não disponível</p> <p>Áudio Alto falantes (2x 1.5W) com certificação Dolby Audio (exceto modelos com Linux)</p> <p>Bateria 2 células (30 Wh)</p> <p>Teclado Teclado numérico disponível</p> <p>Comunicação Wireless 1x1 AC, Bluetooth 4.1, Ethernet 100/1000M</p> <p>Portas 1x HDMI, 2x USB 3.0, 1x USB Tipo C (3.0), Leitor de cartões 4 em 1 (SD, SDHC, SDXC, MMC), RJ-45</p> <p>Segurança Slot Kensington Lock e Leitor de impressões digitais (em alguns modelos)</p>
<i>Offering Provider</i>	Submarino S.A.
<i>Offering</i>	Oferta do Ideapad 320 pelo Submarino S.A.
<i>Product Category</i>	Computadores
<i>Offering Price</i>	R\$ 2.760,99
<i>Offering Type</i>	Venda
<i>Time Period</i>	Offering Start date 01/07/2017 ; Offering end date 31/07/2017
<i>Locality</i>	Vitória - Brasil
<i>Delivery Method</i>	Entrega Rápida
<i>Delivery Entity</i>	Transportadora Direct
<i>Delivery Price Specification</i>	R\$14,99
<i>Estimated Arrival Date</i>	15/07/2018
<i>Offering Payment Method</i>	Boleto Bancário
<i>Payment Entity</i>	Banco do Brasil S.A.
<i>Quantitative Property and Quantitative Property Value</i>	<p>Peso = 2,06 kg</p> <p>Dimensões (L x P x A) = 378 x 260 x 22,9 mm</p>
<i>Qualitative Property and Qualitative Property Value</i>	Cor = Prata; Preto; Branco
<i>Warranty</i>	12 meses
<i>Warrantier Entity</i>	Lenovo

Conforme definido em *Integra*, objetivos podem ser mapeados para fragmentos de modelos para facilitar o reúso através da busca por ontologias utilizando como base os objetivos definidos.

Assim, utilizando-se os objetivos como base, é possível definir fragmentos capazes de atendê-los. Na Tabela 5.8 são apresentados dois exemplos de fragmentos relacionados a objetivos e ontologias obtidos a partir da ontologia desenvolvida e que podem ser reutilizados em desenvolvimentos futuros de ontologias.

Tabela 5.8 –Fragmentos de Modelos associados a Objetivos



A prova de conceito realizada serviu como uma avaliação para verificar a viabilidade de utilização da abordagem proposta. Essa avaliação tem viés, uma vez que a abordagem foi utilizada por sua proponente. Embora a prova de conceito tenha limitações, ela é uma avaliação inicial de *Integra* que indica que é viável usar a abordagem para desenvolver ontologias baseando-se em integração e utilizando-se modelos de objetivos. Uma forma mais adequada de avaliação de *Integra* consiste em submetê-la ao uso por outras pessoas, para desenvolvimento de outras ontologias. Nesse sentido, *Integra* foi utilizada por um engenheiro de ontologias em um estudo de caso, que é apresentado na próxima seção.

5.3 Estudo de Caso

Estudos de caso são estudos conduzidos com o propósito de investigar uma entidade ou um fenômeno dentro de um espaço e tempo específicos. São usados para encontrar indícios a respeito da entidade ou fenômeno investigado e para aprimorar a utilização de técnicas e outras tecnologias (TRAVASSOS *et al.*, 2002). Nesse sentido, foi realizado um estudo de caso buscando-se encontrar indícios que permitam avaliar e aprimorar a abordagem proposta neste trabalho.

5.3.1 Planejamento do Estudo

O **objetivo** do estudo foi avaliar se a abordagem proposta neste trabalho auxilia o engenheiro de ontologias a desenvolver ontologias reutilizando ontologias existentes, através do uso de

modelagem de objetivos para explicitar o *design rationale* da ontologia sendo desenvolvida. Utilizando-se a abordagem GQM (SOLINGEN; BERGHOUT, 1999), esse objetivo é assim formalizado:

Analisar a abordagem *Integra*

Com o propósito de avaliar o uso de modelos de objetivos no desenvolvimento de ontologias baseado em integração.

Referente à utilidade no apoio ao desenvolvimento de ontologias e viabilidade de uso

Do ponto de vista de engenheiros de ontologias

No contexto de desenvolvimento de ontologias

Para analisar os resultados foram utilizados os seguintes indicadores:

- a) Adequação dos resultados gerados a partir do uso da abordagem;
- b) Utilidade da abordagem;
- c) Benefícios providos pelo uso da abordagem para o desenvolvimento de ontologias.

A **instrumentação** utilizada na condução do estudo consistiu de três de formulários: um termo de consentimento para a realização do estudo, que visa resguardar os direitos do participante quanto ao estudo e seus resultados, um formulário para caracterizar o perfil do participante, que visa obter informações sobre o conhecimento do participante sobre o desenvolvimento de ontologias e modelagem de objetivos, e um formulário para a avaliação da abordagem, que permite que o participante registre os resultados de sua avaliação. Além dos três formulários, foi disponibilizada para o participante a especificação de *Integra*, que consistiu em uma versão resumida da descrição apresentada para a abordagem no Capítulo 4.

O **procedimento** de condução do estudo consistiu em três partes. Na primeira, a autora deste trabalho apresentou *Integra* para o participante, a fim de que ele se familiarizasse com a abordagem e fosse capaz de utilizá-la sozinho. Na segunda parte, o participante utilizou a especificação de *Integra* para desenvolver uma ontologia a partir da integração de outras. Na terceira parte do estudo, foi realizada a avaliação da abordagem pelo participante. A avaliação foi realizada utilizando-se um formulário contendo questões sobre a abordagem em si e as fases e atividades definidas na abordagem. Para cada questão, o participante deveria indicar o grau de auxílio provido pela abordagem (Ajudou muito, Ajudou, Neutro, Ajudou Pouco ou Não Ajudou). Também foi solicitado ao participante indicar se teve dificuldades para a realização das atividades da abordagem e, em caso afirmativo, quais foram. Para cada questão, também foi solicitado que o participante justificasse suas respostas. No final do formulário de avaliação foi incluída uma questão para que o participante registrasse comentários, sugestões ou problemas encontrados. Após o participante responder o formulário de avaliação, foi feita uma breve entrevista. O formulário de avaliação é

ilustrado na Figura 5.11. Os demais formulários utilizados no estudo são apresentados no Apêndice B.



UFES (Universidade Federal do Espírito Santo)
NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias)

Estudo sobre a utilização de *Integra*, uma abordagem para desenvolvimento de ontologias baseada em integração e orientada a objetivos

FORMULÁRIO DE FEEDBACK

I. Identificação do participante (nome e e-mail)

II. Questões de Feedback

1. O uso de *Integra* auxiliou no desenvolvimento da ontologia integrada?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique:

2. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou na identificação dos requisitos da ontologia integrada (propósito da ontologia, uso pretendido e questões de competência)?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique:

3. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou no entendimento e representação do *design rationale* da ontologia?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique:

4. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou na modularização da ontologia?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique:

5. Os **tipos de relacionamentos semânticos** definidos na fase de *Integração das Ontologias* auxiliaram a realizar a integração das ontologias?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique:

6. Os **tipos de relacionamentos semânticos** definidos na fase de *Integração das Ontologias* foram suficientes para a realizar a integração das ontologias? Caso as relações definidas não tenham sido suficientes, ao apresentar a justificativa para sua resposta, informe as relações das quais você precisou e que não foram definidas na abordagem.

Sim Não

Justifique:

7. Para cada uma das fases de *Integra* apresentadas a seguir, marque as opções SIM ou NÃO para indicar se você teve dificuldades para realizá-la. Em caso afirmativo, descreva quais foram as dificuldades.

7.1) Fase: **Levantamento de Requisitos da Ontologia**

Dificuldades? Sim Não

7.2) Fase: **Busca e Seleção das Ontologias a Serem Integradas**

Dificuldades? Sim Não

Quais?

7.3) Fase: **Integração das Ontologias**

Dificuldades? Sim Não

8. A **especificação de *Integra*** (modelos do processo de *Integra*, a descrição de suas fases e atividades e o template para documentação da ontologia integrada) foram suficientes para guiar você na realização das atividades? Caso a especificação não tenha sido suficiente, ao apresentar a justificativa para sua resposta, informe que dificuldades você teve ao usar a especificação disponibilizada e que informações faltaram e você julga relevante incluir na especificação de *Integra*.

Sim Não

9. Considerando sua experiência na aplicação de *Integra*, você considera o uso dessa abordagem **viável**?

Sim Não

Justifique:

10. Caso deseje, registre aqui seus **comentários adicionais** (críticas, sugestões, informações, etc.)

Figura 5.11 – Formulário de Feedback utilizado no estudo de caso.

O **participante** do estudo foi escolhido considerando a disponibilidade de pessoas com conhecimento necessário para realizar a avaliação. O participante é aluno de doutorado do Programa de Pós-graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, tendo declarado nível de conhecimento alto no que diz respeito tanto a desenvolvimento de ontologias quanto a modelagem de objetivos.

5.3.2 Execução do Estudo

Seguindo o procedimento planejado para a realização do estudo, primeiramente, foram lidos os termos do Formulário de Consentimento para o participante, foi feita uma breve explicação sobre a pesquisa realizada neste trabalho de mestrado e foram apresentados os propósitos da avaliação. Os formulários de Consentimento e de Perfil foram entregues ao participante para preenchimento. Em seguida, foi realizada uma apresentação para explicar a abordagem proposta.

Após a apresentação de *Integra*, a especificação da abordagem, incluindo o template para documentação da ontologia, foi disponibilizada para o participante. O participante usou o seu próprio computador para desenvolver a ontologia e para realização da avaliação e o fez de maneira independente, ou seja, sem interferência da autora deste trabalho. O participante ficou livre para desenvolver a ontologia de acordo com sua disponibilidade.

Após o desenvolvimento da ontologia, o Formulário de Feedback foi disponibilizado para o participante realizar a avaliação. Após a entrega da documentação do estudo realizado e do Formulário de Feedback preenchido, foi conduzida uma breve entrevista para validar os dados obtidos no formulário.

O participante pôde decidir sobre a ontologia a ser desenvolvida de acordo com sua necessidade. Não houve interferência da autora do trabalho a fim de que a abordagem pudesse ser utilizada em um contexto real de fato, e não em um cenário preparado pela propositora da abordagem. A ontologia desenvolvida pelo participante no estudo de caso diz respeito ao domínio de ocorrência policial em crimes dolosos contra a vida. O participante é membro de um projeto de pesquisa no qual têm sido desenvolvidas ontologias relacionadas a crimes dolosos contra a vida. Assim, o participante utilizou *Integra* em um cenário real, relacionado a esse projeto.

A especificação da ontologia produzida pelo participante, bem como os formulários por ele respondidos estão disponíveis no Anexo A.

5.3.3 Análise dos Resultados

As respostas e comentários feitos pelo participante após o uso de *Integra* foram analisados e os resultados da análise são sumarizados a seguir, juntamente com alguns dos comentários feitos pelo participante.

Em relação ao auxílio provido pela abordagem, o participante reportou que o uso de *Integra* **ajudou muito** no desenvolvimento da ontologia integrada. Segundo o participante, *“Uma vez que a própria definição de ontologia é ser uma conceituação única e compartilhada, o reuso de ontologias deveria ser uma atividade obrigatória no desenvolvimento de ontologias. Contudo, uma das grandes dificuldades no reuso de ontologias circunda a atividade de busca e seleção de ontologias candidatas. Neste ponto, o desenvolvimento de um modelo de objetivos, proposto pela abordagem, prevê uma visão geral do domínio, permitindo entender os objetivos de cada stakeholder e como a ontologia poderá atender a esses objetivos.”*

O participante também afirmou que o uso de modelos de objetivos **ajudou muito** na identificação dos requisitos da ontologia integrada e no entendimento e representação do *design rationale* da ontologia a ser desenvolvida. Nas palavras do participante: *“A busca de ontologias a serem reutilizadas apenas pelo casamento de esquemas de caracteres dos conceitos que deverão atendidos pela ontologia a ser desenvolvida se mostra uma consulta fraca. Na maioria dos casos, as ontologias encontradas com esse tipo de busca possuem conceitos com a nomenclatura procurada, mas nem sempre com o significado desejado, e em alguns casos uma ontologia que atenderia a necessidade do domínio de desenvolvimento não seria selecionada por não possuir conceitos com a nomenclatura selecionada na busca. A abordagem proposta auxiliou nesse caso, proporcionando uma nova forma de buscar ontologias para reutilização, não mais por nomenclaturas semelhantes, mas sim pelo objetivo que a ontologia atende.”*

Em relação ao uso de modelos de objetivos para auxiliar a modularização de ontologias, o participante informou que a ontologia desenvolvida por ele possuía somente um módulo, não tendo necessidade de modularização. Embora não tenha utilizado os modelos de objetivos na modularização da ontologia, ele reportou que a ideia é promissora.

Quanto aos tipos de relacionamentos semânticos apresentados na fase de Integração de Ontologias, o participante reportou que seu uso **ajudou muito** na realização da integração das ontologias e que os relacionamentos definidos na abordagem foram suficientes. Segundo o participante, *“Esse mapeamento semântico auxiliou principalmente no momento em que foi realizada a análise ontológica para definir como as ontologias poderiam ser integradas. Talvez, se o mapeamento fosse realizado de maneira ad hoc, diferente do proposto na abordagem, poderia diminuir a qualidade da ontologia.”*

Em relação às dificuldades encontradas durante o uso de *Integra*, o participante reportou que não teve dificuldades nas fases de Levantamento de Requisitos da Ontologia e Integração de

Ontologias, porém indicou ter tido alguma dificuldade para realizar a fase de Busca e Seleção das Ontologias a serem Integradas. Segundo o participante, as dificuldades não foram relacionadas ao uso da abordagem em si, mas à busca por ontologias candidatas, visto que são escassos os repositórios de ontologias disponíveis e, nos que existem, há dificuldade de se identificar quais possuem os conceitos necessários.

Em relação às vantagens trazidas pelo uso da abordagem, o participante reportou que a abordagem contribuiu para: (i) a diminuição do tempo gasto para o desenvolvimento de ontologias em comparação com os métodos tradicionais, e (ii) melhoria da qualidade do modelo desenvolvido da ontologia. O participante comentou: *“Na minha percepção o desenvolvimento da ontologia proposta foi mais rápido do que abordagens tradicionais. Houve um tempo inicial gasto no desenvolvimento do modelo de objetivos, contudo eles proveram uma visão geral do domínio e a abordagem auxiliou, então, na reutilização de outras ontologias, não precisando assim “reinventar a roda”, e com isso o tempo de desenvolvimento diminuiu e a qualidade dos modelos aumentou.”*

Considerando-se as percepções do participante acerca de *Integra* e os indicadores definidos no planejamento do estudo, pode-se afirmar que (a) os resultados gerados a partir do uso da abordagem são adequados; (b) a abordagem é útil, e (c) a abordagem provê benefícios para o desenvolvimento de ontologias. Assim, as percepções do participante indicam que *Integra* é útil e de uso viável.

5.3.4 Ameaças à Validade do Estudo

Ao se realizar um estudo é preciso levar em consideração as ameaças à sua validade. Essas ameaças devem ser tratadas na medida do possível e devem ser consideradas juntamente com os resultados obtidos no estudo. A seguir são apresentadas as ameaças relacionadas a este estudo, seguindo-se a classificação proposta (RUNESON *et al.*, 2012).

Validade de Constructo: a validade de constructo se refere aos constructos usados no estudo e sua influência sobre os resultados. Para esta categoria a principal ameaça identificada diz respeito à possibilidade de entendimento equivocado da abordagem devido a limitações em sua especificação. Para minimizar esta ameaça, antes de o participante utilizar *Integra*, a abordagem foi apresentada e explicada ao participante pela autora deste trabalho.

Validade Interna: a validade interna do estudo está relacionada aos tratamentos adotados e seu impacto sobre os resultados. Em outras palavras, está relacionada ao viés existente no estudo. Uma vez que o participante desenvolveu a ontologia utilizando *Integra* sem a interferência da autora, o viés foi minimizado. Porém, há ainda, uma ameaça que diz respeito à limitação de tempo disponibilizado para/pelo participante para desenvolver a ontologia. O participante colaborou

voluntariamente no estudo, no entanto, o tempo disponibilizado para ele desenvolver a ontologia foi limitado, devido à necessidade de conclusão desta dissertação. Além disso, o participante estava envolvido em várias outras atividades e pode ter restringido o tempo de dedicação ao estudo. Assim, deve-se considerar que é possível que com maior disponibilidade de tempo poderia haver diferença nos resultados produzidos.

Validade Externa: a validade externa do estudo está relacionada à capacidade de obter os mesmos resultados com outros participantes. Ou seja, diz respeito à capacidade de generalização dos resultados. A principal ameaça nesta categoria está no fato de que *Integra* foi utilizada por apenas um participante. Para minimizar essa ameaça foi selecionado um participante cujo perfil se encaixa no perfil desejado para os usuários de *Integra*. Outra ameaça está no fato de que o participante desenvolveu uma ontologia para um domínio bastante familiar para ele. É possível que algumas dificuldades não percebidas pelo participante emergissem em uma situação em que a ontologia a ser desenvolvida fosse referente a um domínio menos conhecido. Além disso, uma terceira ameaça diz respeito ao fato de que tanto na prova de conceito quanto no estudo de caso poucas foram as relações semânticas exploradas.

Validade de Confiabilidade: a validade de confiabilidade diz respeito à extensão em que os dados coletados e análises realizadas no estudo dependem do pesquisador que o conduziu. A autora deste trabalho conduziu as análises dos dados fornecidos pelo participante nos formulários e na especificação da ontologia produzida. Assim, a interpretação realizada é dependente da autora. No entanto, considerando-se que o estudo envolveu apenas um participante e que as respostas por ele dadas foram muito claras, possivelmente os resultados obtidos seriam similares mesmo se outro pesquisador analisasse os dados providos pelo participante. No entanto, não se exclui a ameaça de haver diferentes interpretações e, conseqüentemente, diferentes resultados.

Considerando-se as ameaças discutidas nesta seção e o fato de se ter realizado apenas um estudo de caso, os resultados do estudo podem ser considerados indícios e de generalização limitada a contextos similares ao que foi considerado no estudo (WIERINGA, 2014). Assim, os resultados não são conclusivos, mas evidências preliminares de que *Integra* é útil e viável.

5.4 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados uma prova de conceito e um estudo de caso que foram realizados como avaliação inicial da abordagem proposta neste trabalho. A prova de conceito se refere ao desenvolvimento de uma ontologia do domínio de oferta de produtos na Web e o estudo de caso se refere ao desenvolvimento de uma ontologia para o domínio de ocorrência policial de crimes dolosos contra a vida. A prova de conceito de *Integra* mostra que a abordagem é exequível.

O estudo de caso, por sua vez, serviu como avaliação inicial da abordagem e mostrou evidências preliminares de viabilidade de uso e utilidade. Além disso, o estudo permitiu obter informações para o aprimoramento da abordagem e para futuras avaliações. As ontologias desenvolvidas durante os estudos podem ser reutilizadas por engenheiros de ontologias que desejem desenvolver ontologias para atender objetivos similares aos considerados nas ontologias produzidas nos estudos.

O próximo capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho, destaca suas principais contribuições e indica algumas perspectivas de trabalhos futuros.

Capítulo 6

Conclusão

Neste capítulo são realizadas as considerações finais deste trabalho (Seção 6.1), sendo apresentadas suas principais contribuições (Seção 6.2) e perspectivas de trabalhos futuros para continuidade e aprimoramento da pesquisa (Seção 6.3).

6.1 Considerações Finais

Os últimos anos testemunharam um grande desenvolvimento e uso bem-sucedido de ontologias para a representação do conhecimento, anotação de dados e troca de informações entre pessoas, organizações, agentes autônomos, serviços da Web ou grupos em ambientes abertos, como a Web Semântica (KLEIN, 2001). Existem ontologias desenvolvidas para várias finalidades, necessidades e requisitos, que podem compartilhar um mesmo conhecimento acerca de um domínio ou podem ser de domínios que se completam. Portanto, ao se desenvolver novas ontologias, é interessante que ontologias existentes sejam reutilizadas, para que não se “reinvente a roda” e se aproveite ao máximo o conhecimento modelado em ontologias existentes.

Integração de ontologias vem sendo utilizada como uma das formas de reúso na Engenharia de Ontologias. Porém, como discutido neste trabalho, as abordagens de integração de ontologias existentes, em sua maioria, falham em considerar que a integração de ontologias faz parte de um processo mais amplo de desenvolvimento de ontologias. Essas abordagens, geralmente, consideram a integração uma atividade isolada, sendo que, na realidade, integração de ontologias é um meio para atingir o objetivo de desenvolver uma ontologia.

Além disso, ainda que haja abordagens de desenvolvimento de ontologias que tratam aspectos de integração de ontologias como parte do processo de desenvolvimento, há carência de processos sistemáticos que guiem o engenheiro de ontologias em um desenvolvimento de ontologias baseado em integração. Aliado a isso, as abordagens de desenvolvimento de ontologias também não têm demonstrado preocupação com a explicitação do *design rationale* da ontologia sendo desenvolvida, o que dificulta o reúso de ontologias existentes.

No contexto deste trabalho foi realizado um estudo acerca do uso de modelagem de objetivos no contexto da engenharia de ontologias (SALAMON *et al.*, 2017). Como apontado em (FERNANDES *et al.*, 2011), modelos de objetivos auxiliam na identificação das questões de competência que descrevem os requisitos de uma ontologia. Assim, o estudo realizado focou em demonstrar como a modelagem de objetivos auxilia no entendimento do domínio e escopo da ontologia, além da definição propriamente dita das questões de competência. Esse estudo foi

fundamental para a percepção de que modelos de objetivos podem ser usados para explicitar o *desing rationale* de ontologias, questão apontada anteriormente como fracamente tratada nas abordagens de desenvolvimento de ontologias existentes.

Também no contexto deste trabalho, o estado da arte sobre abordagens de integração de ontologias foi investigado através de um mapeamento sistemático. Com isso, algumas lacunas foram identificadas, entre elas: (i) falta de preocupação com a definição de escopo da ontologia integrada antes da realização do processo de integração; (ii) falta de preocupação com os objetivos que a ontologia integrada deve alcançar; (iii) falta de preocupação com busca e seleção de ontologias para integração; (iv) uso limitado de relacionamentos semânticos para realizar o mapeamento entre ontologias; e (v) carência de processos de desenvolvimento baseados em integração que tratem do desenvolvimento de uma ontologia integrada considerando-se as etapas fundamentais da engenharia de ontologias.

Considerando as lacunas encontradas em estudos não sistemáticos realizados na literatura e no mapeamento sistemático da literatura, este trabalho teve como objetivo definir uma abordagem sistemática para o desenvolvimento de ontologias a partir da integração de ontologias. *Integra* é uma abordagem orientada a objetivos para o desenvolvimento de ontologias baseado em integração e define um conjunto de atividades visando: (i) definir um processo de desenvolvimento de ontologias voltado para o reúso de ontologias; e (ii) explicitar o *desing rationale* da ontologia sendo desenvolvida.

O objetivo geral deste trabalho foi detalhado em três objetivos específicos, sendo que todos foram alcançados neste trabalho. A Tabela 6.1 apresenta os objetivos específicos do trabalho e o principal produto que serve como evidência do alcance de cada objetivo.

Tabela 6.1 – Objetivos específicos do trabalho

Objetivos	Produto
Investigar o estado da arte sobre integração de ontologias	Mapeamento Sistemático de Literatura (vide Capítulo 3)
Investigar o uso de modelagem de objetivos no contexto da engenharia de ontologias	SALAMON, J.S.; REGINATO, C. C.; BARCELLOS, M. P. and GUIZZARDI, R. S. S. <i>Using Goal Modeling and OntoUML for Reengineering the Good Relations Ontology</i> . In IX Seminar on Ontology Research in Brazil (ONTOBRAS 2017), Brasília, Brasil, 2017.
Definir uma abordagem de desenvolvimento de ontologias baseada em integração de ontologias e orientada a objetivos.	<i>Integra</i> (vide Capítulos 4 e 5)

Integra propõe o uso de modelos de objetivos para explicitar o *design rationale* das ontologias. Conforme discutido no Capítulo 4, uma vez que modelos de objetivos sejam definidos e sejam

desenvolvidos modelos de ontologias para atendê-los, torna-se possível relacionar fragmentos de ontologias a objetivos. Se esses fragmentos de ontologias relacionados a objetivos forem tomados como padrões ontológicos (*ontology design patterns*), ou seja, soluções para problemas recorrentes de desenvolvimento de ontologias, passa-se a ter padrões ontológicos orientados a objetivos (*goal-oriented ontology patterns*). Esses padrões podem, então, ser armazenados em um repositório de padrões orientados a objetivos, que pode ser equipado com mecanismos de buscas baseados em objetivos para facilitar e favorecer o reúso de ontologias com base nos objetivos que se deseja atender. Assim, em complemento a *Integra*, encontra-se em desenvolvimento, em parceria com outro membro do Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias (NEMO), GO-FOI (*Goal Oriented Framework for Ontology Integration*) um *framework* que visa prover uma arquitetura para definição, busca e utilização de padrões ontológicos orientados a objetivos.

Entre as limitações deste trabalho, pode ser destacada sua avaliação. *Integra* foi avaliada em uma prova de conceito realizada pela própria proponente da abordagem e em um único estudo de caso realizado por um engenheiro de ontologias. Dessa forma, os resultados da avaliação não podem ser considerados conclusivos, mas apenas indícios de que o uso da proposta é viável e útil. Novos estudos serão necessários para se seja possível aprimorar a abordagem proposta neste trabalho.

6.2 Contribuições

As principais contribuições desta dissertação são:

- (i) *Integra*, a abordagem orientada a objetivos para desenvolvimento de ontologias baseado em integração, descrita no Capítulo 4, que pode ser utilizada para o desenvolvimento de ontologias a partir do reúso de ontologias existentes.
- (ii) O mapeamento sistemático sobre abordagens de integração de ontologias no âmbito conceitual, apresentado no Capítulo 3, que apresenta um conjunto de abordagens de integração de ontologias que exploram integração no âmbito conceitual.
- (iii) Estudo exploratório sobre o uso de modelagem de objetivos no âmbito da engenharia de ontologias, publicado em: SALAMON, J.S.; REGINATO, C. C.; BARCELLOS, M. P. and GUIZZARDI, R. S. S. *Using Goal Modeling and OntoUML for Reengineering the Good Relations Ontology*. In IX Seminar on Ontology Research in Brazil (ONTOBRAS 2017), Brasília, Brasil, 2017.
- (iv) A ontologia sobre oferta de produtos na Web, desenvolvida utilizando *Integra*, apresentada no Capítulo 5.

6.3 Perspectivas Futuras

Considerando a pesquisa aqui apresentada, algumas das perspectivas de trabalhos futuros são destacadas a seguir. No âmbito da pesquisa, tem-se:

- (i) Atualizar a investigação da literatura realizada, a fim de verificar o surgimento de novos trabalhos que apresentam abordagens de integração de ontologias no âmbito conceitual;
- (ii) Fazer uma nova investigação nas publicações identificadas no mapeamento sistemático, a fim de analisar as técnicas utilizadas para a integração de ontologias também em nível operacional;
- (iii) Investigar como diferentes fragmentos de ontologias associados a modelos podem ser integrados, tanto no âmbito dos fragmentos das ontologias quanto no dos objetivos, e as implicações dessa integração (por exemplo, necessidade de se definir novos axiomas para lidar com os fragmentos integrados);
- (iv) Explorar o uso dos modelos de objetivos e as relações entre os objetivos e outros elementos dos modelos de objetivos na identificação de operações de integração de fragmentos de ontologia a eles relacionados (por exemplo, se um objetivo é subobjetivo de outro, como os fragmentos a eles relacionados podem ser integrados?);
- (v) Investigar como padrões podem ser extraídos a partir de ontologias existentes e associados a objetivos, dando origem a padrões ontológicos orientados a objetivos;
- (vi) Analisar o uso de objetivos em Engenharia de Ontologias de maneira mais ampla.

No âmbito da abordagem proposta:

- (i) Prover um *framework* que estabeleça uma arquitetura para definição, busca e utilização de padrões ontológicos orientados a objetivos. Conforme mencionado anteriormente, este *framework* encontra-se em desenvolvimento;
- (ii) Desenvolver um apoio computacional para o uso de *Integra*, principalmente para a atividade de Integração de Ontologias;
- (iii) Definir um conjunto de diretrizes práticas para a realização das atividades de *Integra* com base em casos de utilização da abordagem;
- (iv) Apresentar exemplos de uso da abordagem com outras linguagens de modelagem de objetivos;
- (v) Realizar novos estudos envolvendo o uso de *Integra* por diferentes engenheiros de ontologias e para desenvolver diferentes ontologias em diferentes contextos;

- (vi) Investigar como tratar os objetivos do engenheiro de ontologias no contexto da construção da ontologia;
- (vii) Investigar como técnicas de *ontology matching* e *ontology alignment* poderiam auxiliar a fase de Integração de Ontologias em *Integra*.

Referências Bibliográficas

ABELS, S.; HAAK, L.; HAHN, A. **Identification of Common Methods Used for Ontology Integration Tasks**. Proceedings of the First International Workshop on Interoperability of Heterogeneous Information Systems, 2005, Bremen, Germany

ANTÓN, A. I. **Goal-Based Requirements Analysis**. Proceedings of the 2nd International Conference on Requirements Engineering (ICRE '96), p. 136–144, 1996.

BLOMQVIST, E.; ÖHGREN, A. **Constructing an Enterprise Ontology for an Automotive Supplier**. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 21, n. 3, p. 386–397, 2008.

BOVA, V. V.; KUREICHIK, V. V.; LEZHEBOKOV, A. A. **Integration of ontologies in scope of model and conceptual semantics: Modified approach**. Proceedings of the 9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), 2015, Russia

BRESCIANI, P. ; PERINI, A.; GIORGINI, P.; GIUNCHIGLIA, F.; MYLOPOULOS, J. **Tropos: An agent-oriented software development methodology**. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, v. 8, n. 3, p. 203–236, 2004.

CALDAROLA, E. G. ; PICARIELLO, A.; RINALDI, A. M. **An Approach to Ontology Integration for Ontology Reuse in Knowledge Based Digital Ecosystems**. Proceedings of the 7th International Conference on Management of computational and collective intelligence in Digital EcoSystems. ACM, p. 1–8, 2015, Brazil.

CARVALHO, V. A.; ALMEIDA, J. P. A.; FONSECA, C. M.; GUIZZARDI, G. **Multi-level ontology-based conceptual modeling**. Data and Knowledge Engineering, v. 109, p. 3–24, 2017.

CHÂABANE, S.; JAZIRI, W.; GARGOURI, F. **A proposal for a geographic ontology merging methodology**. Proceedings of the International Conference on the Current Trends in Information Technology, CTIT 2009, 2009.

CHEN, Y. M.; CHEN, Y. J.; WEN, C. C.; CHU, H.C. **Ontology-Based Knowledge Integration for Distributed Product Knowledge Service**. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, WCECS 2009, Vols I and II, pp. 1197–1202., 2009, San Francisco, USA

CUENCA, J.; LARRINAGA, F.; CURRY, E. **A unified semantic ontology for energy management applications**. CEUR Workshop Proceedings, v. 1936, p. 86–97, 2017.

DALPIAZ, F.; FRANCH, X.; HORKOFF, J. **istar 2.0 language guide**. 2016, Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1605.07767v3.pdf>>.

DING, Y. **A review of ontologies with the Semantic Web in view**. Journal of Information Science, v. 27, n. 6, p. 377–384, 2001.

EUZENAT, J.; SHVAIKO, P. **Ontology matching**. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2007 ISBN:3540496114.

FALBO, R. D. A.; BARCELLOS, M. P.; NARDI, J. C.; GUIZZARDI, G. **Organizing Ontology Design Patterns as Ontology**. Proceedings of the 10th Extended Semantic Web Conference, ESWC 2013, p. 61–75, 2013, Montpellier, France.

FALBO, R. **SABiO: Systematic approach for building ontologies**. in: G. Guizzardi, O. Pastor, Y. Wand, S. de Cesare, F. Gailly, M. Lycett, C. Partridge (Eds.), Proceedings of the 1st Joint Workshop ONTO.COM / ODISE on Ontologies in Conceptual Modeling and Information Systems Engineering, Rio de Janeiro, Brazil, 2014.

FERNANDES, P. C. B.; GUIZZARDI, R. S. S.; GUIZZARDI, G. **Using Goal Modeling to Capture Competency Questions in Ontology-based Systems**. Journal of Information and Data Management, v. 2, n. 3, p. 527-540, 2011.

GANGEMI, A.; PRESUTTI, V. **Ontology Design Patterns**. In: S. Staab; R. Studer (Orgs.); Handbook on Ontologies. Second ed., p.221 – 243, 2009. Springer.

GEUM, Y.; YONGYOON, S.; YONGTAE, P.; SYUNGSIK, O. **Generating new service concepts based on ontology integration**. Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, ICMIT. October 2008, Thailand

GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNANDEZ-LOPEZ, M.; CORCHO, O. **Ontological Engineering**. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2004, ISBN:1852335513.

GONÇALVES, E.; CASTRO, J.; ARAÚJO, J.; HEINECK, T. **A Systematic Literature Review of iStar extensions**. Journal of Systems and Software, v. 137, p. 1–33, 2018.

GRUBER, T. R. **A translation approach to portable ontology specifications**. Knowledge Acquisition, v. 5, n. 2, p. 199–220, 1993.

GRUBER, T. R. **Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing**. International Journal of Human - Computer Studies, v. 43, n. 5–6, p. 907–928, 1995.

GUARINO, N. **Formal Ontology and Information Systems**. In: N. (ed. . Guarino (Org.); Proceedings of the International Conference on Formal Ontology and Information Systems (FOIS). p.3–15, 1998. Trento, Italy: June 6-8, IOS Press, Amsterdam..

GUERSON, J.; SALES, T.P.; GUIZZARDI, G.; ALMEIDA, J.P.A. **OntoUML lightweight editor: A model-based environment to build, evaluate and implement reference ontologies**. Proceedings of the 19th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops and Demonstrations, EDOCW 2015, p. 144–147, 2015.

GUIZZARDI, G. **Ontological Foundations for Structural Conceptual Model**. Universal Press., 2005.

GUIZZARDI, G. **On Ontology, ontologies, Conceptualizations, Modeling Languages, and (Meta)Models**. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Databases and Information Systems IV. IOS Press, Amsterdam., v. 155, p. 18–39, 2007.

GUIZZARDI, G. **Ontological Patterns, Anti-Patterns and Pattern Languages for Next-Generation Conceptual Modeling**. Proceedings of the 33rd International Conference on Conceptual Modeling, ER 2014, Atlanta, USA, p. 13–27, 2014.

HEER, T.; RETKOWITZ, D.; KRAFT, B. **Tool support for the integration of light-weight ontologies**. Lecture Notes in Business Information Processing, v. 19, p. 175–187, 2009.

HERRE, H.; HELLER, B.; BUREK, P.; HOEHNDORF, R.; LOEBE, F.; MICHALEK, H. **General formal ontology (GFO) Part I: Basic Principles**. Onto-Med Report, v. 8, 2006.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. **Design Science in Information Systems Research**. MIS Quarterly, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

HEVNER, A. R. **A Three Cycle View of Design Science Research**. Scandinavian Journal of Information Systems, p. 87–92, 2007.

HORKOFF, J.; AYDEMIR, F. B.; CARDOSO, E.; LI, T.; MATÉ, A.; PAJA, E.; SALNITRI, M.; PIRAS, L.; MYLOPOULOS, J.; GIORGINI, P. **Goal-oriented requirements engineering: an extended systematic mapping study**. Requirements Engineering Journal, p. 1–28, 2017.

HU, L.; WANG, J. **Geo-ontology integration based on category theory**. Proceedings of 2010 International Conference on Computer Design and Applications, ICCDA 2010. 2010, China

JARCZYK, A. P. J.; LOFFLER, P.; SHIPMANN, F. M. **Design rationale for software engineering: a survey**. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System

Sciences, v. ii, p. 577–586, 1992.

JUÁREZ, S. P.; ESQUIVEL, H. E.; REBOLLAR, A. M.; SUÁREZ-FIGUEROA, M. C. **CreaDO -- A Methodology to Create Domain Ontologies Using Parameter-Based Ontology Merging Techniques**. Proceedings of the 10th Mexican International Conference on Artificial Intelligence. 2011, Puebla, Mexico

JURETA, I. J.; BORGIDA, A.; ERNST, N.A.; MYLOPOULOS, J. **Techne: Towards a new generation of requirements modeling languages with goals, preferences, and inconsistency handling**. Proceedings of the 18th IEEE International Requirements Engineering Conference, RE2010, pp 115-124, 2010, Australia

JURETA, I. J.; MYLOPOULOS, J.; FAULKNER, S. **A core ontology for requirements**. Applied Ontology Journal, v. 4, n. 3–4, p. 169–244, IOS Press Amsterdam, The Netherlands, 2009.

KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; PEARL BRERETON, O. **Using mapping studies as the basis for further research - A participant-observer case study**. Information and Software Technology, v. 53, n. 6, p. 638–651, 2011.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering**, TR EBSE-2007-01, School of Computer Science and Mathematics, Keele University, 2007.

KLEIN, M. **Combining and relating ontologies: an analysis of problems and solutions**. Proceedings of the IJCAI-01 Workshop on Ontologies and Information Sharing, v. 47, n. 1, p. 53–62, 2001.

LANKHORST, M. **Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis**, Springer-Verlag, Berlin, 2013

LEUNG, N. K. Y.; LAU, S. K.; FAN, J. P.; TSANG, N. **An integration-oriented ontology development methodology to reuse existing ontologies in an ontology development process**. Proceedings of the 13th International Conference on Information Integration and Web-Based Applications and Services (iiWAS2011), p. 174–181, 2011, New York.

LIU, L.; YU, E. **Designing information systems in social context: a goal and scenario modelling approach**. Information Systems Journal, v. 29, n. 2, p. 187–203, 2004.

LV, Y. **An approach to ontologies integration**. Proceedings of the 8th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2011, v. 2, p. 1262–1266, 2011.

MASOLO, C.; BORGIO, S.; GANGEMI, A.; GUARINO, N.; OLTRAMARI, A.; SCHNEIDER, L. **{DOLCE}: a descriptive ontology for linguistic and cognitive engineering**. The WonderWeb Library of Foundational Ontologies, WonderWeb project, deliverable D17 v2, Technical Report, 2002.

MIYOUNG, C.; KIM, H.; KIM, P. **A New Method for Ontology Merging based on Concept using WordNet**. Advanced Communication Technology, ICACT 2006. Proceedings of the 8th International Conference, p. 1573–1576, 2006.

NEGRI, P. P.; SOUZA, V. E. S.; DE LEAL, A. L. C.; FALBO, R. A.; GUIZZARDI, G. **Towards an Ontology of Goal-Oriented Requirements**. in Proc. of the 20th Ibero-American Conference on Software Engineering, Requirements Engineering track, Buenos Aires, Argentina, 2017.

OATES, B. J. **Researching Information Systems and Computing**. Researching Information Systems and Computing, Sage Publications Ltd., 2006, ISBN:1412902231.

PARK, J.; OH, S.; AHN, J. **Ontology selection ranking model for knowledge reuse**. Expert Systems with Applications, v. 38, n. 5, p. 5133–5144, 2011.

PETROV, P.; KRACHUNOV, M.; TODOROVSKA, E.; VASSILEV, D. **An intelligent system approach for integrating anatomical ontologies**. Biotechnology and Biotechnological Equipment, v. 26, n. 4, p. 3173–3181, 2012.

PINTO, H. S.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; MARTINS, J. P. **Some Issues on Ontology Integration**, Proceedings of the 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'99) Workshop: KRR5: Ontologies and Problem-Solving Methods: Lesson Learned and Future Trends, p. 1–12, 1999. Stockholm, Sweden

PINTO, H. S.; MARTINS, J. P. **Reusing Ontologies**. Proceedings of the AAAI 2000 Spring Symposium on Bringing Knowledge to Business Processes, p. 77–84, 2000.

PINTO, H. S.; MARTINS, J. P. **A methodology for ontology integration**. Proceedings of the international conference on Knowledge capture KCAP 2001, p. 131, 2001.

POVEDA-VILLALÓN, M.; CARMEN SUÁREZ-FIGUEROA, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. **Reusing ontology design patterns in a context ontology network**. Proceedings of the Second Workshop on Ontology Patterns (WOP 2010) co-located at ISWC 2010, Volume 671, Pages 35-52, 2010, Shanghai, China

RUNESON, P.; HOST, M.; RAINER, A.; REGNELL, B. **Case Study Research in Software**

Engineering: Guidelines and Examples. Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples, 1st Wiley Publishing, 2012, ISBN:1118104358 9781118104354.

RUY, F. B. **Software Engineering Standards Harmonization: an Ontology-Based Approach.** PhD Thesis, Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

SAFYAN, M.; KHAN, S.; LATIF, K.; MASOOD, A. **Bridging hierarchical ontologies for interoperability and query reformulation.** Proceedings of the International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, ICACTE 2008, pp 832-836, 2008, Phuket, Thailand

SALAMON, J. S. et al. **Using goal modeling and ontoUML for reengineering the good relations ontology.** in Proceedings of the Seminário Brasileiro de Ontologias (ONTOBRAS 2017), pp 91-102, 2017, Brasília, Brazil

SALES, T. P. **Ontology Validation for Managers.** Master Thesis, Universidade Federal do Espírito Santo, 2014..

SCHERP, A.; SAATHOFF, C.; FRANZ, T.; STAAB, S. **Designing core ontologies.** Applied Ontology Journal, v. 6, n. 3, p. 177–221, 2011.

SIMPERL, E.; MOCHOL, M.; BÜRGER, T.; POPOV, I. O. **Achieving maturity: The state of practice in ontology engineering in 2009.** Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 5871 LNCS, n. PART 2, p. 983–991, 2009.

SMITH, B.; GRENON, P. **Basic formal ontology (bfo).** INFOMIS Reports, 2006.

SOLINGEN, R.; BERGHOUT, E. **The goal/question/metric method: a practical guide for quality improvement of software development.** McGraw-Hill; 1999.

SOUZA, H. C.; MOURA, A. M. D. C.; CAVALCANTI, M. C. **Integrating ontologies based on P2P mappings.** IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A:Systems and Humans, v. 40, n. 5, p. 1071–1082, 2010.

STUCKENSCHMIDT, H.; SCHLICHT, A. **Modular Ontologies: Concepts, Theories and Techniques for Knowledge Modularization.** Lecture Notes In Computer Science, v. 5445, p. 5–23, 2009.

SUÁREZ-FIGUEROA, M. C.; GOMEZ-PEREZ, A.; MOTTA, E.; GANGEMI, A. **Ontology engineering in a networked world.** Springer Publishing Company, Incorporated, 2012, ISBN:3642247938 9783642247934.

TRAVASSOS, G.; GUROV, D.; AMARAL, E. **Introdução à Engenharia de Software Experimental**, Relatório Técnico ES-590/02 Programa de Engenharia de Sistemas e Computação COPPEUFRJ, p. 52, 2002.

VAN LAMSWEERDE, A. **Goal-oriented requirements engineering: a guided tour**. Proceedings of the Fifth IEEE International Symposium on Requirements Engineering, p. 249–262, 2001, Canada.

VAN LAMSWEERDE, A. **Reasoning about alternative requirements options**. In: Borgida A.T., Chaudhri V.K., Giorgini P., Yu E.S. (eds) *Conceptual Modeling: Foundations and Applications*. Lecture Notes in Computer Science, vol 5600. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009

VAN NGUYEN, T.; HOANG, H. H. **A consensus-based method for solving concept-level conflict in ontology integration**. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 9655, p. 106–124, 2016.

VERGARA, J. DE; VILLAGRA, V.A.; BERROCAL, J.; ASENSIO, J.I.; PIGNATON, R. **Semantic management: application of ontologies for the integration of management information models**. in Proceedings of the IFIP/IEEE Eighth International Symposium on Integrated Network Management, p. 131–134, 2003, USA.

WIERINGA, R.; MAIDEN, N.; MEAD, N.; ROLLAND, C. **Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: A proposal and a discussion**. Requirements Engineering Journal, v. 11, n. 1, p. 102–107, 2006.

WIERINGA, R. **Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering**. London: Springer, 2014, DOI: 10.1007/978-3-662-43839-8.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HST, M.; OHLSSON, M. C.; REGNELL, B; WESSLN, A. **Experimentation in software engineering**., Springer Publishing Company, Incorporated, 2012, ISBN:3642290434 9783642290435

YU, E.; GIORGINI, P.; MAIDEN, N.; MYLOPOULOS, J. **Social Modeling for Requirements Engineering**, The MIT Press, 2011, ISBN:0262240556 9780262240550.

YU, E. S. K. **Modelling Strategic Relationships for Process Reengineering**, Phd Thesis, University of Toronto, 1995.

ZHANG, L. Y.; REN, J. D.; LI, X. W. **OIM-SM: A method for ontology integration based on semantic mapping**. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, v. 32, n. 3, p. 1983–1995, 2017.

Apêndice A

Modelo de Documento de Especificação da Ontologia Integrada

Este apêndice apresenta o template disponibilizado para a documentação da ontologia de referência produzida durante as fases de Integra. O template foi definido a partir de uma adaptação do template proposto em SABIÓ (FALBO, 2014)

Ontologia: <<nome da ontologia>>

Controle de Versão

Versão	Data	Responsáveis	Papéis	Alterações
<<id da versão>>	<<data de registro da versão>>	<<nome das pessoas que elaboraram ou alteraram a versão (um em cada linha)>>	<<Engenheiro de Ontologias Especialista de Domínio Usuário da Ontologia>>	<<alterações em relação à versão anterior>>

1. Introdução

Este documento apresenta os requisitos da ontologia <<nome da ontologia>> e está organizado da seguinte forma: a Seção 2 contém a modelagem de objetivos do domínio da ontologia; a Seção 3 contém uma descrição do propósito da ontologia e de seus usos pretendidos; a Seção 4 apresenta uma breve descrição do domínio para o qual se está construindo a ontologia; a Seção 5 apresenta a seleção das ontologias para integração, desde as ontologias candidatas, critérios de seleção, ontologias selecionadas e enriquecidas; a Seção 6 apresenta os mapeamentos realizados entre as ontologias; a Seção 7 apresenta o modelo integrado da ontologia propriamente dito, incluindo uma apresentação da arquitetura (forma de modularização) da ontologia e, para cada subontologia considerada na arquitetura, descrição das questões de competência, modelos conceituais OntoUML, axiomas (informais e formais) e avaliação preliminar da ontologia; a Seção 8 apresenta o dicionário de termos da ontologia proposta.

2. Modelagem de Objetivos do Domínio da Ontologia

<<modelos de objetivos desenvolvidos para a ontologia>>

3. Descrição do Propósito e dos Usos Pretendidos da Ontologia

<<texto de apenas um parágrafo, descrevendo o propósito geral da ontologia>>

<<texto descrevendo usos pretendidos para a ontologia>>

4. Descrição do Domínio

Descrição do Domínio
<<texto breve dando uma visão geral do domínio para o qual se está construindo a ontologia>>

5. Seleção de Ontologias para Integração

5.1 Ontologias Candidatas

Tabela 1 – Ontologias Candidatas

Ontologia Candidata	Fonte	Informações Disponíveis
<<nome da ontologia>>	<<onde a ontologia está disponível>>	<<informações disponíveis sobre a ontologia>>

5.2 Ontologias Seleccionadas

<<texto descrevendo critérios de seleção para as ontologias seleccionadas>>

Tabela 2 – Ontologias Seleccionadas

Ontologia Seleccionada	Fonte	Crítérios que atende
<<nome da ontologia>>	<<onde a ontologia está disponível>>	<<crítérios que a ontologia seleccionada atende>>

5.3 Ontologias Enriquecidas

<<texto especificando quais ontologias foram enriquecidas>>

<<modelos das ontologias enriquecidas>>

6. Mapeamentos entre Ontologias

Tabela 3 – Tabela para registro de mapeamentos

Conceito A	Ontologia de Origem do Conceito A	Correspondência	Conceito B	Ontologia de Origem do Conceito B	Comentários
<<nome do conceito>>	<< ontologia onde o conceito foi encontrado>>	<<típo da correspondência entre os conceitos>>	<<nome do conceito>>	<< ontologia onde o conceito foi encontrado>>	<<comentários sobre o mapeamento>>

Relação R1	Ontologia de Origem da Relação R1	Correspondência	Relação R2	Ontologia de Origem da Relação R2	Comentários
<<nome da relação>>	<< ontologia onde a relação foi encontrada>>	<<tipo da correspondência entre as relações>>	<<nome da relação>>	<< ontologia onde a relação foi encontrada>>	<<comentários sobre o mapeamento>>

7. Ontologia de Referência

Esta seção apresenta a ontologia <<nome da ontologia>>. A Subseção 4.1 trata da modularização da ontologia. As subseções seguintes apresentam, para cada subontologia, suas questões de competência, modelo conceitual em OntoUML, axiomas e avaliação preliminar da ontologia.

7.1 – Modularização da Ontologia

A Figura X mostra as subontologias identificadas no contexto do presente projeto, as quais são descritas na Tabela 4.

<<diagrama de pacotes UML, contendo as subontologias identificadas e suas dependências>>

Figura X – Arquitetura da Ontologia <<nome da ontologia>>.

<<o número da Figura irá depender de quantas figuras foram adicionadas anteriormente nas seções 2 e 5>>

Tabela 4 – Subontologias

Subontologia	Descrição
<<nome da subontologia>>	<<descrição da subontologia>>

7.2– Subontologia <<nome da subontologia>>

Tomando por base o propósito da ontologia e seus usos pretendidos, foram identificadas as questões de competência a serem respondidas por esta subontologia, as quais são mostradas na Tabela 5:

Tabela 5 – Questões de Competência

Subontologia <<nome da subontologia>>	
Identificador	Descrição
<<QCXX>>	<<descrição em formato de uma pergunta a ser respondida>>

O diagrama OntoUML da Figura Y apresenta o modelo conceitual da subontologia <<nome da subontologia>>. As definições dos termos usados neste modelo são apresentadas no Dicionário de Termos (Seção 8).

<<diagrama de classes OntoUML>>

Figura Y – Diagrama OntoUML da subontologia <<nome da subontologia>>.

<<o número da Figura irá depender de quantas figuras foram adicionadas anteriormente nas seções 2 e 5>>

<<texto descrevendo o diagrama, visando facilitar a sua compreensão. Ao longo deste texto, axiomas informais e formais da ontologia devem ser apresentados>>

Para avaliar preliminarmente a subontologia <<nome da subontologia>>, duas tabelas são apresentadas a seguir. A Tabela de Verificação de Questões de Competência (Tabela 6) relaciona os elementos da ontologia (conceitos, relações, propriedades e axiomas) necessários para responder cada uma das questões de competência e atingir cada um dos objetivos.

Tabela 6 – Verificação da Competência da Subontologia <<nome sub-ontologia>>

Objetivo	Questão de Competência	Conceitos, Relações e Propriedades	Axiomas
<<nome do objetivo>>	<<id-QC>>	<<enumerar os conceitos, relações e propriedades da subontologia necessários para responder a QC. Conceitos e relações podem ser descritos juntos. Ex.: Conceito1 <i>relação_com</i> Conceito2>>	<<axiomas usados para responder a QC>>

A Tabela de Instanciação (Tabela 7) apresenta instâncias dos conceitos da ontologia, os quais são usados para mostrar que a ontologia é capaz de representar situações de mundo real. Os dados apresentados nesta tabela foram extraídos de <<informar as fontes de dados usadas para a extração das instâncias dos conceitos>>.

Tabela 7 – Tabela de Instanciação da Subontologia <<nome sub-ontologia>>

Conceito	Instâncias
<<conceito>>	<<enumerar instâncias dos conceitos>>

8. Dicionário de Termos

Esta seção apresenta as definições em linguagem natural dos conceitos da ontologia <<nome da ontologia>>. A Tabela 8 apresenta, além das definições, as fontes a partir das quais as mesmas foram estabelecidas.

Tabela 8 – Dicionário de Termos

Conceito	Definição	Fonte
<<conceito>>	<<definição do conceito>>	<<referências usadas para estabelecer a definição>>

<<Os conceitos nesta tabela devem ser apresentados em ordem alfabética>>

Apêndice B

Formulários Utilizados no Estudo

Experimental

Este apêndice apresenta os formulários utilizados durante o estudo de caso para avaliação de Integra. Na seção B1 é apresentado o Termo de Consentimento (documento que resguarda os direitos do participante), na seção B2 é apresentado o Formulário de Perfil (documento que registra o perfil do participante) e na seção B3 é apresentado o Formulário de Avaliação (documento que registra os resultados da avaliação do participante).

B.1 Termo de Consentimento

Formulário de Consentimento

Pesquisa: Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração

Estudo de Caso: Avaliação de uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração

Este estudo tem o **objetivo** de avaliar a abordagem proposta na dissertação de mestrado intitulada, “Uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração” realizada no Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo. Este estudo servirá como avaliação inicial da abordagem proposta e, também, como estudo piloto. Após sua realização, espera-se obter informações que permitirão melhorar a abordagem proposta. Também será possível obter informações que indicarão se o procedimento adotado no estudo é adequado para novas execuções ou se será necessário realizar ajustes.

O procedimento de execução consiste em aplicar a abordagem proposta e, depois, responder as questões que constam no Formulário de Avaliação.

É garantida a **confidencialidade** dos dados individuais cedidos no estudo. Os dados são destinados à realização da pesquisa, não sendo usados como avaliação pessoal ou profissional. É assegurado o anonimato dos participantes na publicação dos resultados da pesquisa.

Apesar de convidado, a participação é **voluntária**, sendo de direito não querer participar ou abandonar a realização do estudo a qualquer momento.

Declaro ter mais de 18 anos de idade e participo da avaliação de uma Abordagem Orientada a Objetivos para Desenvolvimento de Ontologias baseado em Integração voluntariamente. Li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar esse termo.

Participante (letras de forma):

Assinatura:

Data: _____

B.2 Formulário de Perfil



UFES (Universidade Federal do Espírito Santo)
NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias)

Experimento sobre utilização de Abordagem de Desenvolvimento de Ontologias Baseada em Integração e Orientada a Objetivos

Formulário de Perfil do Participante

Participante: _____

Questões

- 1) Qual seu nível de conhecimento sobre **desenvolvimento de ontologias**?
 Alto (mais de três anos) Médio (1 a 3 anos) Baixo (menos de 1 ano)

- 2) Como você adquiriu conhecimento sobre **desenvolvimento de ontologias**? Indique uma ou mais opções.
 Disciplina(s) Qual(is)? _____
 Curso(s) Qual(is)? _____
 Estágio/Trabalho
 Outro(s) Qual(is)? _____

- 3) Qual o seu nível de conhecimento sobre **modelagem de objetivos**?
 Alto (mais de três anos) Médio (1 a 3 anos) Baixo (menos de 1 ano)

- 4) Como você adquiriu conhecimento sobre **modelagem de objetivos**? Indique uma ou mais opções.
 Disciplina(s) Qual(is)? _____
 Curso(s) Qual(is)? _____
 Estágio/Trabalho
 Outro(s) Qual(is)? _____

B.3 Formulário de Avaliação



UFES (Universidade Federal do Espírito Santo)
NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias)

Estudo sobre a utilização de *Integra*, uma abordagem para desenvolvimento de ontologias baseada em integração e orientada a objetivos

FORMULÁRIO DE FEEDBACK

I. Identificação do participante (nome e e-mail)

II. Questões de Feedback

1. O uso de *Integra* auxiliou no desenvolvimento da ontologia integrada?
 Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou
Justifique:
2. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou na identificação dos requisitos da ontologia integrada (propósito da ontologia, uso pretendido e questões de competência)?
 Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou
Justifique:
3. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou no entendimento e representação do *design rationale* da ontologia?
 Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou
Justifique:
4. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou na modularização da ontologia?
 Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou
Justifique:
5. Os **tipos de relacionamentos semânticos** definidos na fase de *Integração das Ontologias* auxiliaram a realizar a integração das ontologias?
 Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou
Justifique:
6. Os **tipos de relacionamentos semânticos** definidos na fase de *Integração das Ontologias* foram suficientes para a realizar a integração das ontologias? Caso as relações definidas não tenham sido suficientes, ao apresentar a justificativa para sua resposta, informe as relações das quais você precisou e que não foram definidas na abordagem.
 Sim Não
Justifique:
7. Para cada uma das fases de *Integra* apresentadas a seguir, marque as opções SIM ou NÃO para indicar se você teve dificuldades para realizá-la. Em caso afirmativo, descreva quais foram as dificuldades.
 - 7.1) Fase: **Levantamento de Requisitos da Ontologia**
Dificuldades? Sim Não
 - 7.2) Fase: **Busca e Seleção das Ontologias a Serem Integradas**
Dificuldades? Sim Não
Quais?
 - 7.3) Fase: **Integração das Ontologias**
Dificuldades? Sim Não
8. A **especificação** de *Integra* (modelos do processo de *Integra*, a descrição de suas fases e atividades e o template para documentação da ontologia integrada) foram suficientes para guiar você na realização das atividades? Caso a especificação não tenha sido suficiente, ao apresentar a justificativa para sua resposta, informe que dificuldades você teve ao usar a especificação disponibilizada e que informações faltaram e você julga relevante incluir na especificação de *Integra*.
 Sim Não
9. Considerando sua experiência na aplicação de *Integra*, você considera o uso dessa abordagem **viável**?
 Sim Não
Justifique:
10. Caso deseje, registre aqui seus **comentários adicionais** (críticas, sugestões, informações, etc.)

Anexo A

Formulários utilizados no Estudo de Caso e Documentação da Ontologia Resultante

Este apêndice apresenta os formulários utilizados no estudo de caso e respondidos pelo participante, bem como a documentação da ontologia produzida a partir do uso de Integra.

A1. Formulário de Perfil do Participante

UFES (Universidade Federal do Espírito Santo)
NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias)



Experimento sobre utilização de Abordagem de Desenvolvimento de Ontologias Baseada em Integração e Orientada a Objetivos

Formulário de Perfil do Participante

Participante: *Nome do participante omitido para preservar seu anonimato*

Questões

- 5) Qual seu nível de conhecimento sobre **desenvolvimento de ontologias**?
 Alto (mais de três anos) Médio (1 a 3 anos) Baixo (menos de 1 ano)
- 6) Como você adquiriu conhecimento sobre **desenvolvimento de ontologias**? Indique uma ou mais opções.
 Disciplina(s) Qual(is)? **R:** Engenharia de Ontologias, Desenvolvimento Web e Web Semântica, Ontologias para Engenharia de Software, Desenvolvimento Orientado a Modelos, Modelagem Conceitual, Tópicos Avançados em Desenvolvimento Orientado a Modelos e Modelagem Conceitual Baseada em Ontologias
 Curso(s) Qual(is)? **R:** Mestrado em Informática
 Estágio/Trabalho
 Outro(s) Qual(is)? _____
- 7) Qual o seu nível de conhecimento sobre **modelagem de objetivos**?
 Alto (mais de três anos) Médio (1 a 3 anos) Baixo (menos de 1 ano)
- 8) Como você adquiriu conhecimento sobre **modelagem de objetivos**? Indique uma ou mais opções.
 Disciplina(s) Qual(is)? **R:** Modelagem de processos, Desenvolvimento Orientado a Modelos, Tópicos Avançados em Desenvolvimento Orientado a Modelos
 Curso(s) Qual(is)? **R:** Mestrado em Informática
 Estágio/Trabalho
 Outro(s) Qual(is)? _____

A2. Formulário de Feedback do Participante



UFES (Universidade Federal do Espírito Santo)
NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias)

Estudo sobre a utilização de *Integra*, uma abordagem para desenvolvimento de ontologias baseada em integração e orientada a objetivos

I. Identificação do participante (nome e e-mail)

Omitida para preservar o anonimato do participante

II. Questões de Feedback

2. O uso de *Integra* auxiliou no desenvolvimento da ontologia integrada?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique: Uma vez que a própria definição de ontologia é ser uma conceituação única e compartilhada, o reúso de ontologias deveria ser uma atividade obrigatória no desenvolvimento de ontologias. Contudo, uma das grandes dificuldades no reúso de ontologias circunda a atividade de busca e seleção de ontologias candidatas. Neste ponto, o desenvolvimento de um modelo de objetivos, proposto pela abordagem, prevê uma visão geral do domínio, permitindo entender os objetivos de cada *stakeholder* e como a ontologia poderá atender a esses objetivos.

2. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou na identificação dos requisitos da ontologia integrada (propósito da ontologia, uso pretendido e questões de competência)?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique: O mapeamento dos objetivos para os requisitos da ontologia foi em grande parte 1 para 1, tornando fácil identificar os conceitos e relações que a ontologia deveria contemplar.

3. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou no entendimento e representação do *design rationale* da ontologia?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique: A busca de ontologias a serem reutilizadas apenas pelo casamento de esquemas de caracteres dos conceitos que deverão atendidos pela ontologia a ser desenvolvida se mostra uma consulta fraca. Na maioria dos casos, as ontologias encontradas com esse tipo de busca possuem conceitos com a nomenclatura procurada, mas nem sempre com o significado desejado, e em alguns casos uma ontologia que atenderia a necessidade do domínio de desenvolvimento não seria selecionada por não possuir conceitos com a nomenclatura selecionada na busca. A abordagem proposta auxiliou nesse caso, proporcionando uma nova forma de buscar ontologias para reutilização, não mais por nomenclaturas semelhantes, mas sim pelo objetivo que a ontologia atende.

4. O uso de **modelos de objetivos** auxiliou na modularização da ontologia?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique: É perceptível que a modularização da ontologia pelos objetivos, conforme proposto na abordagem, a torna menos onerosa que aos métodos tradicionais, mas como não houve a necessidade de modularizar a minha ontologia proposta, não posso opinar sobre essa questão.

5. Os **tipos de relacionamentos semânticos** definidos na fase de *Integração das Ontologias* auxiliaram a realizar a integração das ontologias?

Ajudou muito Ajudou Neutro Ajudou pouco Não ajudou

Justifique: Esse mapeamento semântico auxiliou principalmente no momento em que foi realizada a análise ontológica para definir como as ontologias poderiam ser integradas, talvez, se o mapeamento fosse realizado de maneira *ad hoc*, diferente do proposto na abordagem, poderia diminuir a qualidade da ontologia.

6. Os **tipos de relacionamentos semânticos** definidos na fase de *Integração das Ontologias* foram suficientes para a realizar a integração das ontologias? Caso as relações definidas não tenham sido suficientes, ao apresentar a justificativa para sua resposta, informe as relações das quais você precisou e que não foram definidas na abordagem.

Sim Não

Justifique: Os relacionamentos definidos estavam claros e eram suficientes para realizar essa fase.

7. Para cada uma das fases de *Integra* apresentadas a seguir, marque as opções SIM ou NÃO para indicar se você teve dificuldades para realizá-la. Em caso afirmativo, descreva quais foram as dificuldades.

7.1) Fase: ***Levantamento de Requisitos da Ontologia***

Dificuldades? Sim Não

7.2) Fase: ***Busca e Seleção das Ontologias a Serem Integradas***

Dificuldades? Sim Não

Quais?

As dificuldades encontradas nessa etapa não foram em relação a abordagem, mas sim em método de busca. Os dois grandes desafios, na minha visão, na busca de ontologias para reúso são: (i) as queries de busca, neste ponto a abordagem auxilia com a busca pelos objetivos, facilitando encontrar ontologias que atendam às necessidades do domínio; (ii) os repositórios de ontologias, neste ponto, nós que desenvolvemos ontologias ainda temos muita dificuldade, uma vez que não existe um repositório universal de ontologias, tornando a busca mais difícil e gerando duplicidades de conceitos.

7.3) Fase: ***Integração das Ontologias***

Dificuldades? Sim Não

8. A **especificação** de *Integra* (modelos do processo de *Integra*, a descrição de suas fases e atividades e o template para documentação da ontologia integrada) foram suficientes para guiar você na realização das atividades? Caso a especificação não tenha sido suficiente, ao apresentar a justificativa para sua resposta, informe que dificuldades você teve ao usar a especificação disponibilizada e que informações faltaram e você julga relevante incluir na especificação de *Integra*.

Sim Não

9. Considerando sua experiência na aplicação de *Integra*, você considera o uso dessa abordagem **viável**?

Sim Não

Justifique: Na minha percepção o desenvolvimento da ontologia proposta foi mais rápido do que abordagens tradicionais, houve um tempo inicial gasto no desenvolvimento do modelo de objetivos, contudo ele proveu uma visão geral do domínio e a abordagem auxiliou então na reutilização de outras ontologias, não precisando assim “reinventar a roda”, e com isso o tempo de desenvolvimento diminuiu e a qualidade dos modelos aumentou.

10. Caso deseje, registre aqui seus **comentários adicionais** (críticas, sugestões, informações, etc.)

Em relação a resposta da questão 7.2, a criação de um repositório de ontologias seria um bom trabalho futuro nessa pesquisa, onde as ontologias estariam armazenadas junto ao seu *design rationale*, permitindo assim a busca de ontologias pelo objetivo que elas atendem.

A3. Roteiro para Entrevista com o Participante



UFES (Universidade Federal do Espírito Santo)
NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias)

Estudo sobre a utilização de *Integra*, uma abordagem para desenvolvimento de ontologias baseada em integração e orientada a objetivos

Roteiro para Entrevista

1. Processo e Práticas Adotados

Descreva o processo, como foi realizado, para o desenvolvimento da ontologia. Você aplicou alguma técnica ou prática adicional para alguma atividade?

Não, o processo foi realizado igual à especificação disponível.

2. Experiência Prévia

Você possui algum conhecimento prévio ou experiência que ajudou a executar o processo? (por exemplo, conhecimento / experiência com o domínio, ontologias, mapeamentos / integração, outro)

Experiência com o domínio e modelagem de processos.

3. Dificuldades

Quais foram as principais dificuldades enfrentadas ao longo do processo?

Nenhuma dificuldade enfrentada no uso da abordagem, somente na busca das ontologias.

Como elas foram resolvidas?

Através de buscas no Google.

4. Inconsistências

Você identificou alguma inconsistência na abordagem? Como você lidou com elas?

Não.

5. Suporte

O que poderia auxiliar melhor no uso da abordagem? (por exemplo, informações adicionais, outras diretrizes, melhor explicação, recursos ferramentais)

Informações adicionais: Talvez mostrar exemplos com mais de uma linguagem de objetivos; exemplos de como preencher a tabela de mapeamentos (explicar melhor a coluna de comentários); comentar que, como as relações de generalização e especialização são inversas, é melhor colocar somente uma vez na tabela; deixar mais claro que os conceitos enriquecidos também entram nos mapeamentos.

6. Benefícios da Abordagem

Você percebeu algum benefício com o uso da abordagem?

Sim.

Você pode listar os principais? (por exemplo, orientações da abordagem, técnicas fornecidas, orientação a objetivos, qualidade dos resultados)

Menor tempo de desenvolvimento comparando com as metodologias correntes.

Você aplicaria a abordagem novamente em uma situação similar?

Sim.

7. Considerações Finais

Você tem algum comentário ou sugestão adicional?

Considerar o uso de assessments de modelagem de processos para auxiliar na descrição dos problemas no levantamento de requisitos.

A4. Documentação da Ontologia produzida no Estudo de Caso

Especificação de Ontologia de Referência

Ontologia: Ontologia de Ocorrência Policial em Crimes Dolosos Contra a Vida

1. Introdução

Este documento apresenta os requisitos da ontologia de Ocorrência Policial e está organizado da seguinte forma: a Seção 2 contém a modelagem de objetivos do domínio da ontologia; a Seção 3 contém uma descrição do propósito da ontologia e de seus usos pretendidos; a Seção 4 apresenta uma breve descrição do domínio para o qual se está construindo a ontologia; a Seção 5 apresenta a seleção das ontologias para integração, desde as ontologias candidatas, critérios de seleção, ontologias selecionadas e enriquecidas; a Seção 6 apresenta os mapeamentos realizados entre as ontologias; a Seção 7 apresenta o modelo integrado da ontologia propriamente dito, incluindo uma apresentação da arquitetura (forma de modularização) da ontologia e, para cada subontologia considerada na arquitetura, descrição das questões de competência, modelos conceituais OntoUML, axiomas (informais e formais) e avaliação preliminar da ontologia; a Seção 8 apresenta o dicionário de termos da ontologia proposta.

2. Modelagem de Objetivos do Domínio da Ontologia

A figura 1 apresenta um modelo de objetivos desenvolvido com o objetivo de conceituar os objetivos, tarefas e atores presentes no domínio de Ocorrência Policial em Crimes Dolosos contra Vida. O diagrama foi desenvolvido utilizando a camada motivacional provida pela linguagem de modelagem corporativa Archimate.

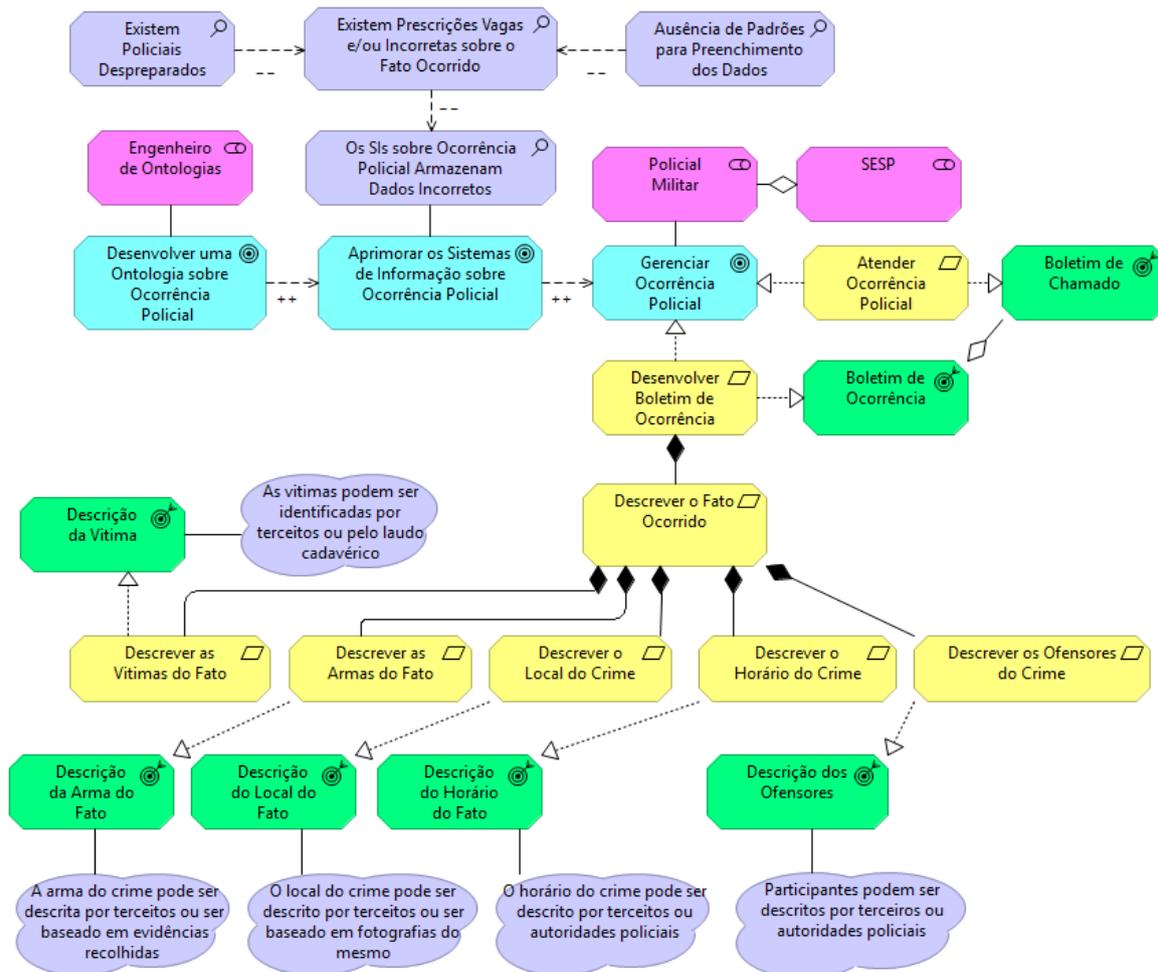


Figura 1 – Modelo de Objetivos

Sobre o domínio de ocorrência policial os atores do domínio são os policiais militares que trabalham na Secretária de Segurança Pública (SESP), eles são responsáveis por atenderem possíveis ocorrências relacionadas a crimes. Ao serem acionados para atender uma ocorrência, é gerado um boletim de chamado, indicando o informante do fato (caso seja identificado), o local e a unidade policial responsável pelo atendimento. Após o atendimento da ocorrência, caso sejam constatados indícios de um possível crime, a unidade policial responsável pelo atendimento deve desenvolver o boletim de ocorrência. As informações básicas do boletim de chamado são copiadas para o boletim de ocorrência e o policial preenche as demais informações, relatando sua percepção do fato ocorrido. Dentre as informações preenchidas pelo policial militar no boletim de ocorrência estão: descrição de possíveis vítimas do crime, descrição de possíveis armas relacionadas ao crime, descrição do local e do horário em que o crime aconteceu e descrição dos possíveis participantes do crime e seu nível de participação (autor do crime, coautor, partícipe).

Os boletins de chamada e ocorrência são desenvolvidos utilizando os sistemas de informação ECOPS e DEON respectivamente. O grande problema enfrentado na apuração dos crimes no cenário atual está na falta de qualidade de informação em segurança pública. A etapa de ocorrência policial é onde se origina as primeiras informações que serão utilizadas ao longo de todo processo de apuração do crime, por esse motivo os sistemas de informações que apoiam essa etapa devem armazenar informações concisas, contudo foi observado que nem sempre essa assertiva é verdadeira. A falta de protocolos de preenchimento dos boletins e a existência de policiais despreparados afetam negativamente a qualidade dos dados contido nesses boletins, uma vez que existem prescrições vagas e/ou incorretas sobre o fato ocorrido.

Dada essa problemática, o objetivo do Engenheiro de Ontologias é desenvolver uma ontologia sobre ocorrência policial, para prover uma conceituação única e compartilhada, possibilitando a padronização das informações sobre o Fato Ocorrido e assim prover um aprimoramento dos sistemas de informações.

3. Descrição do Propósito e dos Usos Pretendidos da Ontologia

A Ocorrência consiste na “denominação do registro de um crime na polícia, por meio de comunicação, geralmente verbal, que qualquer pessoa pode fazer”. Uma vez que o registro de uma ocorrência é a etapa inicial do processo de apuração de um possível crime contra vida, a Ontologia de Ocorrência Policial em Crimes Dolosos contra Vida se propõe a representar os elementos e envolvidos relacionados com os incidentes de uma ocorrência.

O principal uso pretendido para esta ontologia é servir como representação do conhecimento sobre ocorrência policial de forma a explicitar os conceitos e relações referentes ao domínio. As informações levantadas nessa etapa são utilizadas em todas as outras etapas do processo de apuração de um possível crime, tal como, investigação, denúncia, julgamento, condenação e cumprimento da pena.

A partir tal representação, será possível identificar possíveis melhorias nos sistemas de informações utilizados no desenvolvimento e armazenamento de informações relacionadas ao crime na etapa da Ocorrência Policial.

4. Descrição do Domínio

Descrição do Domínio
<p>A ocorrência policial é o primeiro evento do processo de investigação de um fato ocorrido. O registro de uma ocorrência pode se dar por meio de um chamado policial realizado verbalmente por qualquer indivíduo (geralmente pelos telefones disponíveis para tal fim, como 190 – Polícia Militar – ou 181 – Disque Denúncia) ou de forma escrita, chamado de notícia crime e presta-se fielmente à descrição do fato, registrando horários, determinados locais, relacionando objetos, descrevendo pessoas envolvidas, identificando partes entre inúmeras outras informações relevantes juridicamente.</p> <p>Os fatos constatados no atendimento da ocorrência devem ser registrados com atenção e precisão registrando o histórico completo do evento, uma vez que se mostra essencial para que a autoridade destinatária possa ter conhecimento preciso das circunstâncias que poderão fazer total diferença na tipificação de crimes ou até mesmo, na identificação de envolvidos que talvez nem tenham sido relacionados [1].</p> <p>Embora seja registrado uma ocorrência constando o artigo de lei que determina o crime, não necessariamente o processo será baseado neste enquadramento, uma vez que os fatos serão apurados no decorrer da investigação ou processo criminal.</p> <p>Conforme o artigo 2º da Lei Federal nº 12.830/13, a ocorrência será a base para a os procedimentos de investigação, bem como, os demais órgãos envolvidos na prevenção do crime poderão subsidiar suas atuações ou aperfeiçoá-las, como é o caso, da elaboração do mapa do crime realizada pela Polícia Militar.</p> <p>No domínio de ocorrência policial entende-se por “crime” toda a ação ou omissão ilícita, culpável e tipificada na norma penal como tal, atingindo desta forma algum valor social significativo em determinado momento histórico da vida de relações [2]. A existência de um crime pressupõe três elementos: a vítima, o criminoso e o local em que se desenrolaram os acontecimentos [3].</p>

Local de crime é a porção do espaço compreendida num raio que, tendo por origem o ponto no qual é constatado o fato, se estenda de modo a abranger todos os lugares em que, aparente, necessária ou presumivelmente, hajam sido praticados, pelo criminoso, ou criminosos, os atos materiais, preliminares ou posteriores, à consumação do delito, e com este diretamente relacionados [4]. Assim, todos os vestígios presentes no local devem ser detectados, referenciados, recolhidos/recuperados e processados com a maior precisão.

Portanto, é necessário descrever o local do crime de forma clara, precisa e adequada para auxiliar a compreensão e desenvolvimento de todo o processo, a não ou má descrição pode resultar na descaracterização do crime, tornando-o até inexistente.

[1] <https://jus.com.br/artigos/49793/a-importancia-do-boletim-de-ocorrencia-na-atuacao-policial-militar>

[2] - https://ead.senasp.gov.br/modulos/educacional/material_apoio/LocalCrime_VA.pdf

[3] Bevel, T., & Gardner, R.M. (2002). *Bloodstain Pattern Analysis: With an Introduction to Crime Scene Reconstruction*. Florida: CRC Press.

[4] RABELLO, Eraldo. *Contribuições ao Estudo dos Locais de Crime in Revista de Criminalística do Rio Grande do Sul*, no 7, 1968, pp. 51 a 75.

5. Seleção de Ontologias para Integração

5.1. Ontologias Candidatas

Tabela 1 – Ontologias Candidatas

Ontologia Candidata	Fonte	Informações Disponíveis
Legal Knowledge Interchange Format (LKIF Core)	https://github.com/RinkeHoekstra/lkif-core/blob/master/lkif-core.owl https://www.researchgate.net/publication/221539162_LKIF_Core_Principled_Ontology_Development_for_the_Legal_Domain	Fundamentação para: Acontecimento, Local e Horário.
OntoCrimeAlpha	https://www.computer.org/csdl/proceedings/bracis/2016/3566/00/07839608.pdf	Fundamentação para: Pessoa e Objeto.
Violent Crime Process Ontology Network (VCP-ON)	https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/papercite-data/pdf/exploring_the_role_of_enterprise_architecture_models_in_the_modularization_of_an_ontology_network_a_case_in_the_public_security_domain_2017.pdf	Fundamentação para: Vítima, Ofensor e Descrições.

5.2. Ontologias Selecionadas

Tabela 2 – Ontologias Selecionadas

Ontologia Selecionada	Fonte	Crítérios que atende
Legal Knowledge Interchange Format (LKIF Core)	https://github.com/RinkeHoekstra/lkif-core/blob/master/lkif-core.owl https://www.researchgate.net/publication/221539162_LKIF_Core_Principled_Ontology_Development_for_the_Legal_Domain	Documentação disponível, estrutura da ontologia, completude da ontologia, facilidade de acesso à ontologia.
OntoCrimeAlpha	https://www.computer.org/csdl/proceedings/bracis/2016/3566/00/07839608.pdf	Documentação disponível, facilidade de acesso à ontologia, fundamentação lógica disponível.
Violent Crime Process Ontology Network (VCP-ON)	https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/papercite-data/pdf/exploring_the_role_of_enterprise_architecture_models_in_the_modularization_of_an_ontology_network_a_case_in_the_public_security_domain_2017.pdf	Linguagem em que as ontologias estão disponíveis, completude da ontologia, facilidade de acesso à ontologia, documentação disponível.

5.3. Ontologias Enriquecidas

Todas as 3 ontologias selecionadas foram adequadas para um ontologia de fundamentação única, a UFO-A, e os modelos foram desenvolvidos com a linguagem de modelagem baseada nessa ontologia de fundamentação, a OntoUML. As ontologias precisaram ser enriquecidas de modo a permitir sua adaptação ao domínio de estudo. A ontologia LKIF Core permitiu fundamentar os conceitos de local do fato, horário do fato e fato ocorrido, contudo esse 3 conceitos são específicos de domínio e precisaram ser enriquecidos na ontologia, conforme observado na figura 2.

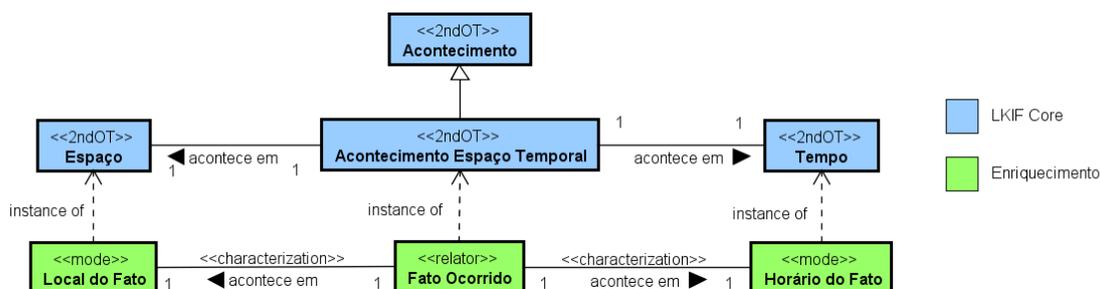


Figura 2 – Fragmento LKIF Enriquecido

A ontologia OntoCrimeAlpha trata de crimes de forma geral, como o domínio de interesse é de crime dolosos contra a vida, foi necessário adicionar os conceitos de Vivo e Morto ao conceito Pessoa, para que fosse possível representar esses estados. O modelo enriquecido dessa ontologia é ilustrado pela figura 3.

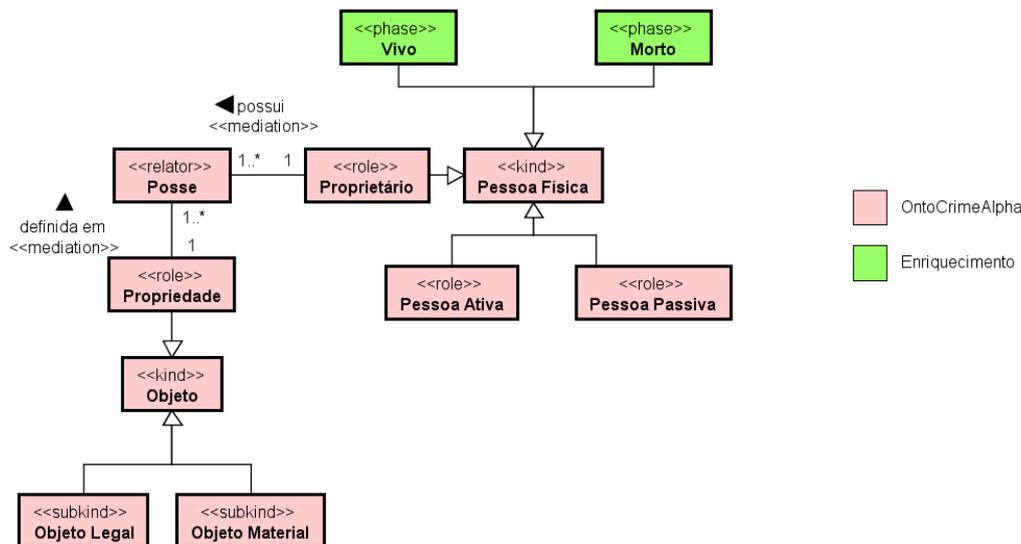


Figura 3 – Fragmento OntoCrimeAlpha Enriquecido

Por fim, a ontologia VCP-ON trata dos conceitos de vítima e ofensor, e também das possíveis descrições que podem ser identificadas em uma ocorrência policial, contudo não existe o de arma do fato e o de posse da arma, que são importantes para conceituar o domínio de crime dolosos contra vida. O modelo enriquecido dessa ontologia é ilustrado pela figura 4.

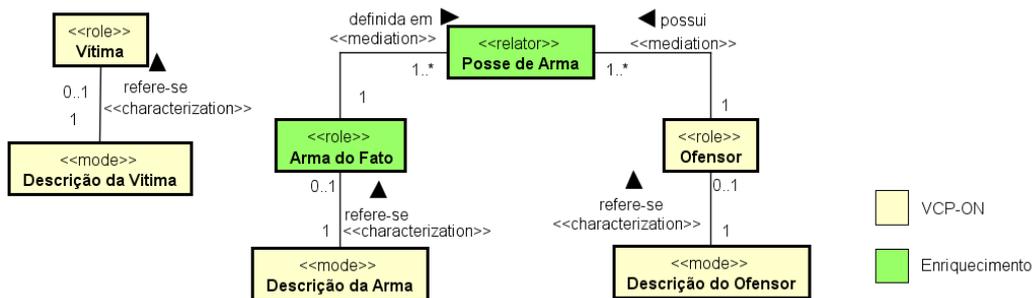


Figura 4 – Fragmento VCP-ON Enriquecido

6. Mapeamentos entre Ontologias

Tabela 3 – Tabela para registro de mapeamentos

Conceito A	Ontologia de Origem do Conceito A	Correspondência	Conceito B	Ontologia de Origem do Conceito B	Comentários
<i>Pessoa Ativa</i>	<i>OntoCrime.Alpha</i>	<i>Atua como</i>	<i>Ofensor</i>	VCP-ON	
<i>Pessoa Passiva</i>	<i>OntoCrime.Alpha</i>	<i>Atua como</i>	<i>Vítima</i>	VCP-ON	
<i>Arma do Fato</i>	VCP-ON	<i>Especialização de</i>	<i>Objeto Material</i>	<i>OntoCrime.Alpha</i>	
<i>Posse de Arma</i>	VCP-ON	<i>Especialização de</i>	<i>Posse</i>	<i>OntoCrime.Alpha</i>	

Relação R1	Ontologia de Origem da Relação R1	Correspondência	Relação R2	Ontologia de Origem da Relação R2	Comentários
<i>Possui</i>	VCP-ON	<i>Especialização</i>	<i>Possui</i>	<i>OntoCrime.Alpha</i>	
<i>Definida em</i>	VCP-ON	<i>Especialização</i>	<i>Definida em</i>	<i>OntoCrime.Alpha</i>	

7. Ontologia de Referência

Esta seção apresenta a ontologia de Ocorrência Policial. Tomando por base o propósito da ontologia e seus usos pretendidos, foram identificadas as questões de competência a serem respondidas por esta subontologia, as quais são mostradas na Tabela 4:

Tabela 4 – Questões de Competência

Ontologia Ocorrência Policial	
Identificador	Descrição
QC01	Quais vítimas são lesadas em um dado Fato Ocorrido?
QC02	Quais ofensores são caracterizados em um dado Fato Ocorrido?
QC03	Qual Descrição refere-se a uma dada Vítima?

QC04	Qual Descrição refere-se a um dado Ofensor?
QC05	Quais Armas são utilizadas em um dado Fato Ocorrido?
QC06	Qual Descrição refere-se a uma dada Arma?
QC07	Quais Objetos um dada Pessoa Física pode possui?
QC08	Quais as fases de uma Pessoa Física?
QC09	Quais os papéis que uma Pessoa Física pode desempenhar?
QC10	Quais os tipos de Objeto?
QC11	Qual o local de um dado Fato Ocorrido?
QC12	Qual o horário de um dado Fato Ocorrido?
QC13	Quais Armas um dado Ofensor possui?

O diagrama OntoUML da Figura 5 apresenta o modelo conceitual da ontologia Ocorrência Policial. As definições dos termos usados neste modelo são apresentadas no Dicionário de Termos (Seção 8).

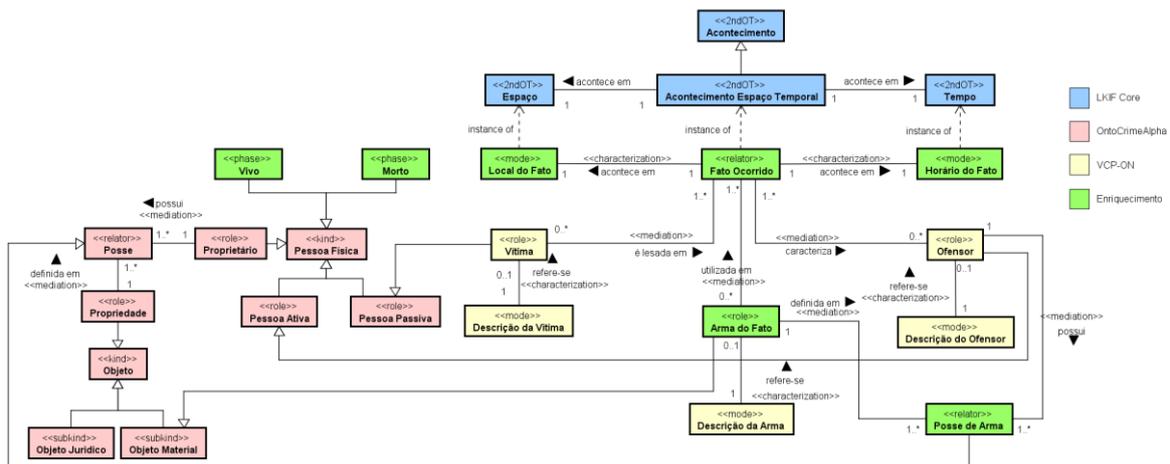


Figura 5 – Diagrama OntoUML da ontologia Ocorrência Policial.

Como pode ser observado na Figura 5, o conceito principal da ontologia de Ocorrência é o relator Fato Ocorrido, esse relator é uma instancia de Acontecimento Espaço Temporal (que por sua vez é uma especialização de um acontecimento), isso indica que ele acontece em um determinado Espaço e Tempo, deste modo, nesse fato ocorrido são registrados o Local do Fato e o Horário do Fato. Ademais, em um Fato Ocorrido são registrados os Ofensores que cometeram o delito e as Vítimas que foram lesadas, ambos sendo especializações de Pessoa Física (que pode estar viva ou morta), contudo Ofensor é uma pessoa ativa, enquanto vítima é uma pessoa passiva. Em um Fato Ocorrido também são conceituadas as Armas utilizadas, esse conceito que é uma especialização de objeto material, em contraste com o jurídico que refere-se a um direito que foi violado pela prática do crime. Essas armas são ligadas aos ofensores pela relação de posse de arma (uma especialização da relação de posse entre um proprietário e uma propriedade). Por fim, os conceitos de ofensor, vítima e arma do fato possuem descrições, uma vez que nem sempre é em uma ocorrência policial essas 3 informações são identificadas, em certos casos existe apenas uma menção delas, por exemplo,

em um crime onde um ofensor não é preso em flagrante, uma testemunha poderia descrever o ofensor, permitindo sua posterior identificação.

AXIOMAS

A1- Em um mesmo Fato Ocorrido uma Pessoa Física não pode ser ao mesmo tempo Pessoa Ativa (Ofensor) e Pessoa Passiva (Vítima).

A2- Uma Arma do Fato utilizada em um Fato Ocorrido deve possuir uma relação de Posse de Arma a algum dos Ofensores desse mesmo Fato Ocorrido.

Para avaliar preliminarmente a ontologia Ocorrência Policial, duas tabelas são apresentadas a seguir. A Tabela de Verificação de Questões de Competência (Tabela 5) relaciona os elementos da ontologia (conceitos, relações, propriedades e axiomas) necessários para responder cada uma das questões de competência.

Tabela 5 – Verificação da Competência da ontologia Ocorrência Policial

Objetivo	Questão de Competência	Conceitos, Relações e Propriedades	Axiomas
Descrever as Vítimas do Fato	QC01	<Vítima> <é lesada em> <Fato Ocorrido>	A1
Descrever os Ofensores do Fato	QC02	<Fato Ocorrido> <caracteriza> <Ofensor>	
Descrever as Vítimas do Fato	QC03	<Descrição da Vítima> <refere-se> <Vítima>	
Descrever os Ofensores do Fato	QC04	<Descrição do Ofensor> <refere-se> <Ofensor>	A1
Descrever as Armas do Fato	QC05	<Arma do Fato> <utilizada em> <Fato Ocorrido>	
Descrever as Armas do Fato	QC06	<Descrição da Arma> <refere-se> <Arma do Fato>	
Descrever as Armas do Fato	QC07	<Proprietário> <herança> <Pessoa Física>, <Propriedade> <herança> <Objeto>, <Proprietário> <possui> <Posse>, <Propriedade> <definida em> <Posse>	
Descrever as Vítimas do Fato, Descrever os Ofensores do Fato	QC08	<Vivo> <herança> <Pessoa Física>, <Morto> <herança> <Pessoa Física>	
Descrever as Vítimas do Fato, Descrever os Ofensores do Fato	QC09	<Pessoa Ativa> <herança> <Pessoa Física>, <Pessoa Passiva> <herança> <Pessoa Física>	A1
Descrever as Armas do Fato	QC10	<Objeto Jurídico> <herança> <Objeto>, <Objeto Material> <herança> <Objeto>	
Descrever o Local do Crime	QC11	<Fato Ocorrido> <acontece em> <Local Fato>	

Descrever o Horário do Crime	QC12	<Fato Ocorrido> <acontece em> <Horário Fato>	
Descrever as Armas do Fato	QC13	<Ofensor> <possui> <Posse de Arma>, <Arma do Fato> <definida em> <Posse de Arma>	A2

A Tabela de Instanciação (Tabela 7) apresenta instâncias dos conceitos da ontologia, os quais são usados para mostrar que a ontologia é capaz de representar situações de mundo real. Os dados apresentados nesta tabela foram extraídos de Boletins de Ocorrência (2. Desenvolvimento\2. Ontologias sobre o Domínio de Crime\2. Fontes de Dados\0. Secretarias do ES\1. SESP\Materiais\BOs, arquivo BO-17-B11).

Tabela 7 – Tabela de Instanciação da ontologia Ocorrência Policial

Conceito	Instâncias
Local do Fato	“Avenida Carlos Orlando Carvalho, Jardim da Penha, Vitória”
Fato Ocorrido	“Boletim Unificado 4433614”
Horário do Fato	“15/12/2017 14:09:23”
Vítima	“Karla Coelho dos Santos”
Ofensor	“Jorge Luiz Aguiar Junior”
Descrição da Vítima	“sexo feminino, 20 anos, moradora do bairro Jardim da Penha, Vitória”
Descrição do Ofensor	“sexo masculino, 15 anos, morador do bairro Centro, Vitória”
Arma do Fato	“revolver .38, serie 3887”
Posse de Arma	“registro de apreensão de arma”

8. Dicionário de Termos

Esta seção apresenta as definições em linguagem natural dos conceitos da ontologia de Ocorrência Policial. A Tabela 8 apresenta, além das definições, as fontes a partir das quais as mesmas foram estabelecidas.

Tabela 8 – Dicionário de Termos

Conceito	Definição	Fonte
Arma do Fato	Qualquer objeto pode ser utilizado como uma Arma quando usado para atacar ou ameaçar um ser em um Fato Ocorrido.	
Descrição da Arma	Conjunto de informações sobre uma arma que permite identificá-la.	
Descrição da Vítima	Conjunto de informações sobre uma vítima que permite identificá-la.	
Descrição do Ofensor	Conjunto de informações sobre um ofensor que permite identificá-lo.	
Fato Ocorrido	É a denominação do registro de um crime na polícia, por meio de comunicação, geralmente verbal, que qualquer pessoa pode fazer. Essa comunicação pode ser também por escrito, ou seja, é a notícia de um crime que alguém faz à polícia ou ao Ministério Público. Daí chamar-se de notícia-crime.	http://bit.ly/2uvOHb7
Horário do Fato	Momento em que acreditasse que o Fato Ocorrido aconteceu.	
Local do Fato	Local em que acreditasse que o Fato Ocorrido aconteceu.	
Ofensor	Indivíduo que comete o crime. Nesse caso diz-se ofensor alegado pois essa afirmação baseia-se na descrição atual da ocorrência, e ainda não foi provado que o ofensor é, de fato, culpado.	
Posse de Arma	Um registro que garante que uma arma pertence a um ofensor específico.	
Vítima	Indivíduo que sofre as consequências de um crime. Nesse caso diz-se vítima alegada pois a suposição baseia-se em descrições da ocorrência, e ainda não foi provado que aquela vítima é de fato a pessoa que dizem ser, assim como não foi provado que ela é de fato vítima da ocorrência em questão	
Pessoa Física	É todo ser humano enquanto indivíduo, do seu nascimento até a morte. Essa designação é um conceito jurídico e se refere especificamente ao indivíduo enquanto sujeito detentor de direitos e de deveres.	https://www.dicionariofinanceiro.com/pessoa-fisica/