

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
E INFORMÁTICA INDUSTRIAL

JOSIANE MICHALAK HAUAGGE DALL'AGNOL

**MÉTODO DE ARGUMENTAÇÃO PARA RESOLUÇÃO
COLABORATIVA DE DIVERGÊNCIAS NA COMBINAÇÃO DE
ONTOLOGIAS INDIVIDUAIS**

TESE

CURITIBA
2013

JOSIANE MICHALAK HAUAGGE DALL'AGNOL

**MÉTODO DE ARGUMENTAÇÃO PARA RESOLUÇÃO
COLABORATIVA DE DIVERGÊNCIAS NA COMBINAÇÃO DE
ONTOLOGIAS INDIVIDUAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências - Área de Concentração: Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Augusto Tacla

CURITIBA
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

D144 Dall'Agnol, Josiane Michalak Hauagge

Método de argumentação para resolução colaborativa de divergências na combinação de ontologias individuais / Josiane Michalak Hauagge Dall'Agnol. — 2013.

146 f. : il. ; 30 cm

Orientador : Cesar Augusto Tacla.

Tese (Doutorado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Informática Industrial. Área de concentração: Engenharia de Computação. Curitiba, 2013.

Bibliografia: p. 116-124.

1. Ontologia. 2. Negociação. 3. Discussões e debates. 4. Conceitos - Modelos. 5. Engenharia elétrica – Dissertações. I. Tacla, Cesar Augusto, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. III. Título.

CDD (22. ed.) 621.3

Tese de Doutorado Nº. 88

“Método de Argumentação para Resolução Colaborativa de Divergências na Combinação de Ontologias Individuais”

por

Josiane Michalak Hauagge Dall’Agnol

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial – CPGEI, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, às 9h15min do dia 26 de abril de 2013, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em CIÊNCIAS - Área de Concentração: Engenharia de Computação. O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora composta pelos doutores:

Prof. Cesar Augusto Tacla, Dr.
(Presidente - UTFPR)

Prof. Sérgio Roberto Pereira da Silva, Dr.
(UEM)

Prof. Fabrício Enembreck, Dr.
(PUC-PR)

Prof. Emerson Cabrera Paraiso, Dr.
(PUC-PR)

Prof. Gustavo Alberto Giménez Lugo, Dr.
(UTFPR)

Visto da Coordenação:

Prof. Ricardo Lüders, Dr.
(Coordenador do CPGEI)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por todas as graças e bênçãos concedidas em minha vida.

Ao meu orientador, professor Cesar Augusto Tacla, por ter sempre me orientado com tanta sabedoria, competência, dedicação, humanidade e paciência no decorrer de todos estes anos.

Aos professores Emerson Cabrera Paraiso, Fabrício Enembreck, Gustavo Gimenez-Lugo e Sergio Roberto da Silva, membros da banca examinadora, pelas valiosas observações e sugestões apresentadas.

À Fundação Araucária pelo incentivo e apoio à execução desta pesquisa.

Ao meu esposo Edgar Junior pelo incentivo, ajuda e compreensão.

Ao meu filho Fausto Henrique por toda paciência, carinho e amor sempre oferecidos gratuitamente. Ao meu filho Paulo Ricardo por ter se comportado tão bem durante os últimos nove meses dos trabalhos desta pesquisa.

Ao meu pai Salim, minha mãe Zélia, meus irmãos Fabio e Cristiane, meus cunhados Inger e Sanches e todas as pessoas de minha família por todo incentivo, força e amor sempre manifestados.

A toda família de meu esposo, especialmente à minha sogra Nicéia por todo carinho, incentivo e ajuda dispensados em todos esses anos.

Às minhas amigas Inali e Luciane pela amizade verdadeira, por todo incentivo e força para realizar estes estudos.

Aos meus amigos Sibilla e Danillo, com os quais compartilhamos todos esses anos de estudos, desafios e vitórias.

Aos demais amigos, professores e funcionários da UTFPR, especialmente à Terezinha Strapasson, secretária do CPGEI, pelo conhecimento, apoio e incentivo.

Aos amigos do DECOMP-UNICENTRO pela força, amizade e incentivo.

A todas às pessoas, que embora não tenham sido citadas aqui, contribuíram de diversas maneiras para a realização deste trabalho.

FINANCIAMENTOS

A pesquisa apresentada nesta tese foi parcialmente financiada pela Fundação Araucária/SETI - Paraná, Brasil – Número do Convênio: 233/09. Protocolo: 16264.

RESUMO

Dall’Agnol, Josiane Michalak Hauage. Método de argumentação para resolução colaborativa de divergências na combinação de ontologias individuais. 2013. 146 f. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2013.

Esta tese propõe um método de argumentação para resolução colaborativa de divergências na combinação de ontologias individuais, denominado CAMIO (*Collaborative Argumentation in Merging Individual Ontologies*), para apoiar, fundamentar e formalizar a argumentação colaborativa para resolução de divergências provenientes da combinação de ontologias desenvolvidas individualmente. Divergências são inerentes ao desenvolvimento colaborativo de ontologias, e, geralmente são resolvidas através de processos de negociação entre os participantes. Comumente, nestas negociações os participantes defendem suas ideias com base em argumentos informais, assim denominados porque são baseados em conhecimento tácito, que o participante adquire em suas experiências pessoais, e é difícil de formalizar e comunicar, pois se trata de um conhecimento específico adquirido em um determinado tempo e espaço. Quando a argumentação é primordialmente baseada na experiência pessoal ou nos interesses particulares dos participantes, é maior o risco da ontologia se afastar do modelo pretendido. Consequentemente, é mais difícil alcançar a corretude da ontologia e os erros existentes devem ser revistos e corrigidos em fases subsequentes, onerando o seu custo de desenvolvimento e, caso não sejam corrigidos, podendo até inviabilizar sua utilização. O método CAMIO propõe formalizar a argumentação através do uso de princípios filosóficos advindos das teorias de **essência, identidade, unidade e dependência** (preconizados pela metodologia *OntoClean*) para justificar parte dos argumentos utilizados na negociação entre os participantes. Com o uso da *OntoClean* busca-se facilitar o alcance do consenso e diminuir a distância existente entre o modelo pretendido e o modelo especificado, pois a aplicação da metodologia ajuda a revelar o significado pretendido à representação dos conceitos, através da compreensão das consequências lógicas das escolhas ontológicas de modelagem, e dessa forma procura garantir uma interpretação consistente aos elementos da ontologia. As avaliações dos experimentos realizados usando o método proposto sugerem que nossa abordagem é factível e implementável na prática.

Palavras-chave: desenvolvimento colaborativo de ontologias, processo de negociação, argumentação, *OntoClean*, distância conceitual entre modelos.

ABSTRACT

Dall’Agnol, Josiane Michalak Hauagge. Argumentation method for collaborative resolution of divergences in merging individual ontologies. 2013. 146 f. Thesis - Graduate School of Electrical Engineering and Computer Science (CPGEL), Paraná Federal University of Technology (UTFPR). Curitiba, 2013.

This thesis proposes an argumentation method for collaborative solution of divergences in the merging of individual ontologies, the so-called CAMIO (*Collaborative Argumentation in Merging Individual Ontologies*). Such method aims to support, serve as basis, and formalize the collaborative argumentation for solving divergences deriving from the merging of ontologies individually developed. Divergences are inherent to the collaborative development of ontologies and are generally solved through negotiation processes among the participants. Commonly, during these negotiations the participants advocate their ideas based on informal argumentation, which are so called due to their tacit knowledge basis – knowledge stemming from the participant’s personal experiences and that is hard to formalize and spread, once it is specific and acquired in a specific time and space. The more argumentation primarily derives from personal experiences or individual interests of the participants, the higher the risk that the ontology deviates from the intended model. Consequently, it is harder to achieve the ontology correctness and existing errors must be reviewed and corrected in subsequent stages, increasing the ontology development cost and, if not corrected, even making its utilization not viable. The CAMIO method proposes the formalization of argumentation through the use of philosophical principles deriving from the theories of **essence**, **identity**, **unity**, and **dependence** (preconized by the *OntoClean* methodology) as for justifying part of the argumentation used in the negotiation among participants. The *OntoClean* utilization aims to facilitate reaching a consensus and reducing the distance between the intended and the specified models, once the application of the methodology helps reveal the meaning intended for the representation of concepts through the understanding of the logical consequences of the modeling ontological choices, thus assuring a consistent interpretation of the ontology elements. The evaluations of the experiments performed by using the proposed method suggest that our approach is feasible and implementable in practice.

Keywords: collaborative ontology development, negotiation process, argumentation, OntoClean, models conceptual gap.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - RELACIONAMENTO ENTRE CONCEITUALIZAÇÃO, LINGUAGEM E ONTOLOGIA	19
FIGURA 2 - DIMENSÕES DE HETEROGENEIDADE A NÍVEL CONCEITUAL.....	28
FIGURA 3 - PRECISÃO E COBERTURA DE UMA ONTOLOGIA	35
FIGURA 4 - MUNDOS POSSÍVEIS W DE ACORDO COM A CONCEITUALIZAÇÃO DO DOMÍNIO D E AS RELAÇÕES R	44
FIGURA 5 - WORKFLOW DO CAMIO	58
FIGURA 6 - CONCEITOS COM DIVERGÊNCIAS DE POSIÇÃO TAXONÔMICA.....	59
FIGURA 7 - CONCEITOS COM DIVERGÊNCIAS DE METAPROPRIEDADES <i>ONTOCLEAN</i>	60
FIGURA 8 - VIOLAÇÃO DE RESTRIÇÃO NA METAPROPRIEDADE ESSENCIALIDADE	61
FIGURA 9 - (A) CONCEITOS DAS ONTOLOGIAS O_1 , O_2 E O_3 - (B) ALINHAMENTOS DE CONCEITOS SIMILARES NAS ONTOLOGIAS O_1 , O_2 E O_3	63
FIGURA 10 - LISTAS DO VETOR <i>CONCEITOSPORNÍVEL</i>	64
FIGURA 11 - ONTOLOGIA CONSENSUAL.....	65
FIGURA 12 - ONTOLOGIA DO PROCESSO DE NEGOCIAÇÃO	67
FIGURA 13- EXEMPLO DE ARGUMENTAÇÃO PARA UMA DIVERGÊNCIA DA METAPROPRIEDADE <i>IDENTIDADE</i>	70
FIGURA 14 - ONTOLOGIA INDIVIDUAL USUÁRIO1 – O_1	75
FIGURA 15 - ONTOLOGIA PADRÃO OURO - ADAPTADA DE GUARINO E WELTY (2004).....	75
FIGURA 16 - TELA DE EXECUÇÃO DO <i>COLLARG</i>	80
FIGURA 17 - ONTOLOGIA PADRÃO OURO - ÁRVORE GENEALÓGICA - ADAPTADA DE GUIZZARDI (2005).....	81
FIGURA 18 - ONTOLOGIA INDIVIDUAL USUÁRIO 1 – O_1	84
FIGURA 19 - DIVISÃO DOS PARTICULARES	130
FIGURA 20 - TELA CAMIO: VISUALIZAÇÃO DE ARGUMENTO	133
FIGURA 21 - TELA CAMIO: VISUALIZAÇÃO DE AVISO DE DISCUSSÃO FINALIZADA EM EMPATE	133
FIGURA 22 - TELA CAMIO: ESCOLHA DE OPÇÃO EM VOTAÇÃO.....	134
FIGURA 23 - TELA CAMIO: NÍVEL 2, APRESENTAÇÃO DE IDEIA	134
FIGURA 24 - TELA CAMIO: VIOLAÇÃO DE RESTRIÇÃO DE METAPROPRIEDADE, AVISO NA POSIÇÃO TAXONÔMICA DO CONCEITO	135
FIGURA 25 - TELA CAMIO: VIOLAÇÃO DE RESTRIÇÃO DE METAPROPRIEDADE, AVISO NA METAPROPRIEDADE DO CONCEITO	135
FIGURA 26 - TELA CAMIO: CRIAÇÃO DE IDEIA TAXONÔMICA	136
FIGURA 27 - TELA CAMIO: APRESENTAÇÃO IDEIA VENCEDORA	136
FIGURA 28 - ONTOLOGIA INDIVIDUAL USUÁRIO3 – O_3 - 1º EXPERIMENTO.....	137
FIGURA 29 - ONTOLOGIA INDIVIDUAL USUÁRIO2 – O_2 - 1º EXPERIMENTO.....	137
FIGURA 30 - ONTOLOGIA INDIVIDUAL USUÁRIO2 – O_2 - 4º EXPERIMENTO	138
FIGURA 31 - ONTOLOGIA INDIVIDUAL USUÁRIO3 – O_3 - 5º EXPERIMENTO	138

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS METODOLOGIAS CORRELATAS E DA <i>ONTOCLEAN</i>	55
TABELA 2 - RESULTADOS DO CAMIO POR NÍVEL.....	64
TABELA 3 - EXEMPLOS DE <i>TEMPLATES</i> PARA QUESTÕES	68
TABELA 4 - EXEMPLOS DE <i>TEMPLATES</i> PARA IDEIAS	69
TABELA 5 - EXEMPLOS DE <i>TEMPLATES</i> PARA ARGUMENTAÇÃO	71
TABELA 6 – NÚMEROS ABSOLUTOS E PORCENTUAIS DE COMPREENSÃO DOS <i>TEMPLATES</i> DE ARGUMENTOS (-2 NENHUM ENTENDIMENTO, +2 TOTAL ENTENDIMENTO)	76
TABELA 7 - NÚMEROS ABSOLUTOS E PORCENTUAIS DE COMPREENSÃO DOS <i>TEMPLATES</i> DE ARGUMENTOS POR METAPROPRIEDADES <i>ONTOCLEAN</i>	77
TABELA 8 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES DO 2º AO 5º EXPERIMENTOS.....	86
TABELA 9 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO 2º AO 5º EXPERIMENTOS E RESULTADOS OBTIDOS	87
TABELA 10 - INFORMAÇÕES DOS PARTICIPANTES DO 6º EXPERIMENTO	95
TABELA 11 - PRECISÃO E COBERTURA DAS O_1 DOS PARTICIPANTES DOS GRUPOS TESTE (A) E CONTROLE (B).....	96
TABELA 12 - PORCENTUAL DE ATRIBUIÇÕES CORRETAS POR METAPROPRIEDADES <i>ONTOCLEAN</i> DAS O_1 DOS PARTICIPANTES DOS GRUPOS TESTE (A) E CONTROLE (B)	97
TABELA 13 - MEDIDAS DE <i>PRECISÃO</i> E <i>COBERTURA</i> NAS O_C DOS GRUPOS TESTE E CONTROLE ...	98
TABELA 14 - VARIAÇÕES ENTRE O_1 E O_C DOS GRUPOS TESTE E CONTROLE	99
TABELA 15 - PORCENTUAL DE ATRIBUIÇÕES CORRETAS POR METAPROPRIEDADES <i>ONTOCLEAN</i>	99
TABELA 16 - PORCENTUAL DE ATRIBUIÇÕES CORRETAS POR METAPROPRIEDADES O_C DO 2º AO 6º EXPERIMENTOS.....	101
TABELA 17 - MEDIDAS DE PRECISÃO E COBERTURA DO 2º AO 6º EXPERIMENTOS.....	101
TABELA 18 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS ABORDAGENS CORRELATAS.....	107
TABELA 19 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS ABORDAGENS QUE UTILIZAM A <i>ONTOCLEAN</i>	111

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 - FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA PRECISÃO	36
EQUAÇÃO 2 - FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA COBERTURA	36
EQUAÇÃO 3 - FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA PRECISÃO	40
EQUAÇÃO 4 - FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA <i>COVERAGE</i>	40
EQUAÇÃO 5 - FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA PRECISÃO	41
EQUAÇÃO 6 - FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA COBERTURA	41
EQUAÇÃO 7 - FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA <i>PRECISÃO</i>	82
EQUAÇÃO 8 - FÓRMULA PARA O CÁLCULO DA COBERTURA	82

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ALGORITMO DE COMBINAÇÃO DE CONCEITOS DAS O ₁	62
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PORCENTUAL DE ATRIBUIÇÕES CORRETAS POR METAPROPRIEDADES.....	77
GRÁFICO 2 – PORCENTUAL DE ATRIBUIÇÕES CORRETAS POR METAPROPRIEDADES DO 2º AO 5º EXPERIMENTOS	88
GRÁFICO 3 – PORCENTUAL DE ATRIBUIÇÕES CORRETAS POR METAPROPRIEDADES DAS OI DO 6º EXPERIMENTO.....	98
GRÁFICO 4 – PORCENTUAL DE ATRIBUIÇÕES CORRETAS POR METAPROPRIEDADES DAS OC DO 6º EXPERIMENTO.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

+D	Metapropriedade dependência
-D	Metapropriedade não-dependência
*I	Metapropriedade identidade própria
+I	Metapropriedade identidade herdada
-I	Metapropriedade não-identidade
+R	Metapropriedade rígida
-R	Metapropriedade não-rígida
~R	Metapropriedade semirrígida
+U	Metapropriedade unidade
-U	Metapropriedade não-unidade
~U	Metapropriedade semi-unidade
AEON	An Approach to the Automatic Evaluation of Ontologies
API	Application Programming Interface
CAMIO	Collaborative Argumentation in Merging Individual Ontologies
Co4	Collaborative Construction of Consensual Knowledge
CollArg	Collaborative Argumentation Prototype
CPGEI	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
CSUQ	Computer Usability Satisfaction Questionnaires
DILIGENT	Distributed Loosely-Controlled and Evolving Engineering Processes of Ontologies
DLR	Dynamic Language Runtime
DNA	Deoxyribonucleic Acid
DOGMA	Database-inspired Approach for Engineering Formal Ontologies
DOGMA-	Fact-oriented Collaborative Ontology Evolution
MESS	
ER	Modelo Entidade-Relacionamento
F-Logic	Frame Logic Ontology Language
FN	False negative: falso negativo
FN-TX	False negative: falso negativo com relação à taxonomia
FP	False positive: falso positivo
FP-OC	False positive: falso positivo com relação às metapropriedades OntoClean
FP-TX	False positivo: falso positivo com relação à taxonomia
GOL	General Ontological Language
GROVE	Group Outline Viewing Editor
HCOME	Human-Centered Ontology Engineering
IBIS	Issue-Based Information System
J2EE	Java2 Platform Enterprise Edition
JSF	JavaServer Faces Technology
KIF	Knowledge Interchange Format
NEON	Methodology for Building Ontology Networks
NGT	Nominal Group Technique
OC	Metodologia OntoClean
ODM	Ontology Definition Metamodel

O_c	Ontologia consensual cujos elementos representam o resultado das decisões tomadas em comum acordo entre os participantes.
O_g	Ontologia padrão ouro utilizada como modelo na avaliação da ontologia consensual O_c produzida.
O_i	Ontologia individual a ser combinada com outras O_i para compor uma única ontologia consensual O_c . As O_i podem ser desenvolvidas por um único indivíduo, por um grupo de indivíduos, ou por algum método de geração automática de ontologias.
OIL	Ontology Inference Layer
OMG	Object Management Group
OntoUML	Philosophically and Cognitively Well-Founded Modeling Language
OWL	Web Ontology Language
RDF	Resource Description Framework
RST	Rhetorical Structure Theory
TN	True negative: verdadeiro negativo
TP	True positive: verdadeiro positivo
TP-OC	True positive: verdadeiro positivo com relação às metapropriedades OntoClean
TP-TX	True positive: verdadeiro positivo com relação à taxonomia
TX	Taxonomia
UCO	Upper Common Ontology
UFO	Unified Foundational Ontology
UFO-A	Unified Foundational Ontology of Endurants
UML	Unified Modeling Language
UNICENTRO	Universidade Estadual do Centro-Oeste
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	18
1.2 HIPÓTESES	21
1.3 OBJETIVOS	22
1.4 MOTIVAÇÃO.....	23
1.5 METODOLOGIA.....	24
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	25
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
2.1 COMBINAÇÃO DE ONTOLOGIAS E HETEROGENEIDADE DE INFORMAÇÕES	26
2.2 PROCESSO DE NEGOCIAÇÃO E METODOLOGIAS DE ARGUMENTAÇÃO.....	30
2.3 PROCESSO DE VOTAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÃO	32
2.4 AVALIAÇÃO DE ONTOLOGIAS	34
2.5 A METODOLOGIA <i>ONTOCLEAN</i>	42
2.5.1 Essência e Rigidez	46
2.5.2 Identidade	47
2.5.3 Unidade.....	48
2.5.4 Dependência	50
2.5.5 Restrições na Hierarquia de Subsunções	51
2.6 METODOLOGIAS CORRELATAS	53
2.7 CONCLUSÕES	55
3 METODO DE ARGUMENTAÇÃO COLABORATIVA PARA COMBINAÇÃO DE ONTOLOGIAS INDIVIDUAIS (CAMIO)	57
3.1 VISÃO GERAL DO MÉTODO.....	57
3.2 TIPOS DE DIVERGÊNCIAS TRATADAS.....	58
3.2.1 Conceitos com Divergências de Posições Taxonômicas.....	59
3.2.2 Conceitos com Divergências de Metapropriedades <i>Ontoclean</i>	59
3.2.3 Violação de Restrições sobre as Metapropriedades <i>Ontoclean</i> na Hierarquia de Subsunção.....	60
3.3 COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS DAS ONTOLOGIAS INDIVIDUAIS	61
3.4 ESTRUTURA DE ARGUMENTAÇÃO PARA O PROCESSO DE NEGOCIAÇÃO.....	66
3.5 CRIAÇÃO DE QUESTÕES SOBRE AS DIVERGÊNCIAS.....	68
3.6 PROPOSIÇÃO DE IDEIAS PARA RESOLUÇÃO DE QUESTÕES	68
3.7 ARGUMENTAÇÃO SOBRE AS IDEIAS PROPOSTAS	69
3.8 VOTAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÃO.....	70
3.9 INSERÇÃO DOS RESULTADOS NA O_c	71
3.10 CONCLUSÕES	72
4 EXPERIMENTOS E AVALIAÇÕES	73
4.1 METODOLOGIA DO EXPERIMENTO DE AVALIAÇÃO DOS <i>TEMPLATES</i>	73
4.2 RESULTADOS DO EXPERIMENTO DE AVALIAÇÃO DOS <i>TEMPLATES</i>	76
4.3 PROTÓTIPOS DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CAMIO.....	78
4.4 METODOLOGIA DO 2º AO 5º EXPERIMENTOS	80
4.5 RESULTADOS DO 2º AO 5º EXPERIMENTO	85
4.6 METODOLOGIA DO 6º EXPERIMENTO	93
4.7 RESULTADOS DO 6º EXPERIMENTO.....	95
4.8 CONCLUSÕES GERAIS DOS EXPERIMENTOS	100

5 TRABALHOS CORRELATOS	103
5.1 ABORDAGENS QUE FAZEM USO DA ARGUMENTAÇÃO PARA RESOLUÇÃO DE DIVERGÊNCIAS	103
5.2 ABORDAGENS QUE FAZEM USO DA METODOLOGIA ONTOCLEAN PARA MODELAGEM ONTOLÓGICA E AVALIAÇÃO DE ONTOLOGIAS.....	109
6 CONCLUSÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	112
6.1 TRABALHOS FUTUROS	114
REFERÊNCIAS	116
ANEXO A	125
ANEXO B	129
APÊNDICE A	133
APÊNDICE B	137
APÊNDICE C	139

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma visão geral deste trabalho de pesquisa de doutorado, por meio da descrição de suas hipóteses, seus objetivos, a motivação para desenvolvê-lo e a metodologia usada para sua realização. No final encontra-se a organização dos capítulos do documento.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O desenvolvimento de ontologias é um processo social, que tem por objetivo produzir uma conceitualização compartilhada por um grupo de pessoas em um determinado domínio (GUARINO et al., 2009). A criação de conceitualizações é uma atividade subjetiva, que compreende as diferentes maneiras com que os indivíduos percebem e organizam um certo domínio da realidade. Abstrações de uma parte dos aspectos desta realidade são chamadas de modelos pretendidos, englobando conceitos, relações e objetos do domínio que se quer representar (GUIZZARDI, 2005).

A representação do modelo pretendido (que está na mente do indivíduo) é feita através do uso de uma linguagem, produzindo um artefato concreto: o modelo especificado, nesta pesquisa, a ontologia. Entretanto por limitações de expressividade das linguagens (GUARINO, 2009) e dos seres humanos (HEEP, 2007) esta representação pode não ser totalmente correta¹, produzindo uma diferença conceitual (THALHEIM, 2010) entre o modelo pretendido e o modelo especificado.

Idealmente, o modelo especificado deveria descrever todos os estados das coisas considerados admissíveis segundo o modelo pretendido (GUIZZARDI, 2005). Porém realizar estas descrições é uma tarefa difícil, sendo que as mesmas serão sempre aproximações do modelo pretendido (GANGEMI et al., 2006). Assim, a definição de ontologia adotada neste trabalho, segue a definição de Guarino (1998): “Uma ontologia é uma teoria lógica projetada para capturar os modelos pretendidos correspondentes a uma certa conceitualização e excluir os modelos não pretendidos.”.

Conforme apresentado na Figura 1, extraída de (GUARINO, 2004), dada uma linguagem lógica L , que implicitamente compromete-se com uma conceitualização C , o propósito de uma ontologia é capturar o conjunto de modelos de L que são compatíveis com C ,

¹ Uma representação correta é uma estrutura válida, que produz inferências que correspondem ao modelo pretendido.

ou seja, os modelos pretendidos $I_k(L)$, sendo k o compromisso com uma certa interpretação \mathfrak{I} para L . Assim, uma ontologia, aproxima da melhor forma possível o conjunto de modelos pretendidos $I_k(L)$, porém acaba por admitir outros modelos além dos pretendidos.

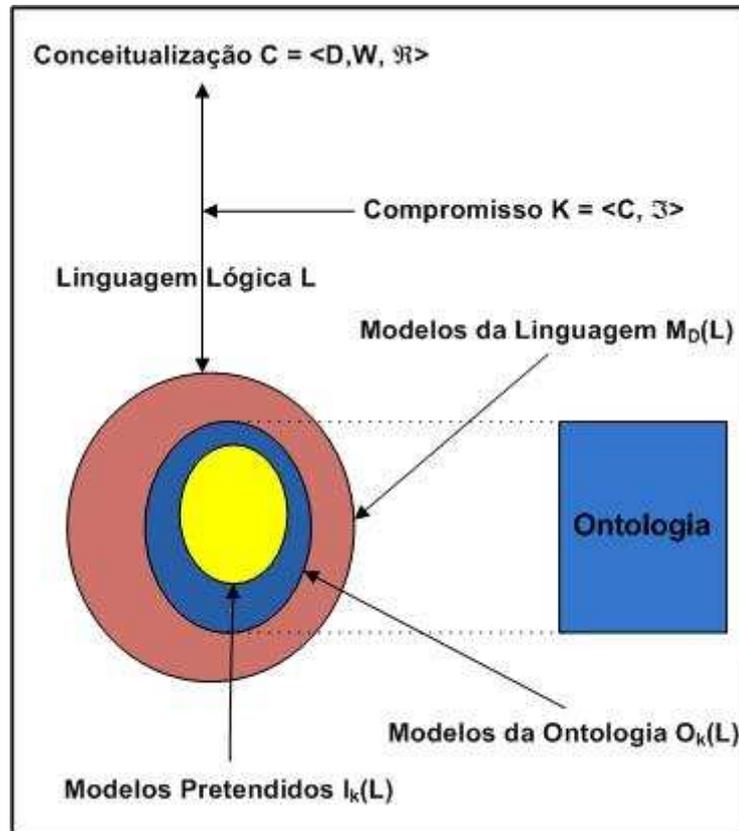


Figura 1 - Relacionamento entre conceitualização, linguagem e ontologia
Fonte: Guarino (2004)

Essas diferenças com relação à aproximação das ontologias e dos modelos pretendidos trazem problemas com relação à integração de informações entre sistemas computacionais independentes, pois pode ocorrer que, mesmo que compartilhem um vocabulário comum (i.e. os símbolos escolhidos pelos desenvolvedores para designar objetos, relações e funções em um domínio) não se pode garantir que eles compartilhem a mesma conceitualização, resultando em situações admissíveis não desejadas, sem obter-se uma interoperabilidade semântica.

Dentre as causas que levam a essas situações, um ponto fundamental é que a maioria das linguagens de representação, incluindo as linguagens utilizadas para implementar ontologias (variações de RDF², OIL³, OWL⁴, Alloy⁵, DLR⁶), não oferecem construções capazes

² <http://www.w3c.org/rdf>

³ <http://www.ontoknowledge.org/oil>

de distinguir termos que possuem estruturas lógicas similares, porém com diferentes implicações ontológicas, porque o seu formalismo é neutro, geral e independente de conteúdo, sendo que os desenvolvedores são livres para adaptá-lo às suas finalidades próprias de representação (GUARINO, 2009). Dessa forma, essas linguagens não estimulam os desenvolvedores a pensar sobre os pressupostos particulares que devem ser feitos sobre a natureza das relações entre os termos e suas escolhas ontológicas.

Nesse sentido, algumas metodologias têm sido propostas para auxiliar na precisão da definição dos significados dos elementos das linguagens de representação e contribuir para a exclusão de possibilidades que não condizem com o que se pretende representar do domínio, por exemplo, as metodologias *OntoClean* (GUARINO; WELTY, 2002, 2004), CleanONTO (SLEEMAN; REUL, 2006) e OntoUML (GUIZZARDI, 2005).

A metodologia *OntoClean* é usada para a validação da adequação ontológica de relacionamentos taxonômicos (abordando a estrutura e a lógica destes relacionamentos), através da utilização de fundamentos formais (metapropriedades fundamentadas em princípios filosóficos) para caracterizar aspectos relevantes do significado pretendido para propriedades que constituem uma ontologia (GUARINO; WELTY, 2004).

Assim, este trabalho de pesquisa propõe utilizar a metodologia *OntoClean* no desenvolvimento colaborativo de ontologias para auxiliar na especificação do modelo pretendido, propondo que o processo de negociação entre os participantes, com vistas à resolução de divergências, seja apoiado, fundamentado e formalizado. Como resultado final espera-se diminuir a distância entre o modelo pretendido e o modelo especificado.

O desenvolvimento colaborativo de ontologias geralmente é feito por um time heterogêneo com diferentes papéis no processo, em uma configuração colaborativa que se encontra geograficamente distribuída.

Neste processo, as ontologias individuais podem ser desenvolvidas isoladamente desde o início, adaptadas ou especializadas de uma cópia da ontologia principal, subdivididas em subontologias da ontologia principal modificadas por usuários distribuídos, ou uma única cópia central modificada por todos os participantes. Em todos os casos, será realizada a combinação (*merge*) das atualizações feitas nas ontologias individuais para compor uma única ontologia consensual que descreve o consenso dos participantes sobre a representação de um determinado domínio. A combinação de ontologias (EUZENAT; SHVAIKO, 2007) tem por

⁴ <http://www.w3c.org/2004/OWL>

⁵ <http://alloy.mit.edu/alloy/>

⁶ <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd233052.aspx>

objetivo a criação de uma nova ontologia a partir de duas ou mais ontologias diferentes (as quais representam domínios similares ou sobrepostos), sendo que a nova ontologia é unificada e substitui as ontologias fontes que permanecem inalteradas.

A combinação das ontologias individuais produz divergências que resultam das diferentes conceitualizações que os participantes têm sobre o domínio. Divergências geralmente são resolvidas através de negociações, nas quais participantes argumentam para defenderem suas ideias até que cheguem a um consenso sobre a solução a ser adotada.

O tratamento de divergências pode ser realizado de duas formas distintas. Na primeira forma, as divergências (fundamentadas ou não por argumentos) encontradas nas ontologias individuais são tratadas por todos os participantes e as decisões são tomadas usando mecanismos de votação (JIMÉNEZ RUIZ; BERLANGA, 2006; BRAUN et al., 2007a; LEENHEER; DEBRUYNE, 2008; KOTIS; VOUIROS, 2006).

Na segunda forma, as divergências (fundamentadas ou não por argumentos) são tratadas por um grupo principal, que analisa as diferenças das ontologias individuais e chega a um consenso sobre as decisões a serem tomadas (JIMÉNEZ RUIZ et al., 2011; PALMA et al., 2011; TEMPICH et al., 2005).

As abordagens que utilizam a argumentação para apoiar as negociações geralmente fazem uso de argumentos informais, assim denominados porque são baseados em conhecimento tácito, que o participante adquire em suas experiências pessoais, e é difícil de formalizar e comunicar, pois se trata de um conhecimento específico adquirido em um determinado tempo e espaço (NONAKA et al., 2000). Quando a argumentação é primordialmente baseada na experiência pessoal ou nos interesses particulares dos participantes, é maior o risco da ontologia se afastar do modelo pretendido. Consequentemente, é mais difícil alcançar a corretude da ontologia e os erros existentes devem ser revistos e corrigidos em fases subsequentes, onerando seu custo de desenvolvimento e, caso não sejam corrigidos, podendo até inviabilizar sua utilização.

1.2 HIPÓTESES

De acordo com o exposto acima, a seguinte hipótese sustenta este trabalho: através do embasamento formal fornecido pela metodologia *OntoClean* e utilizado para auxiliar nas escolhas de modelagem conceitual consegue-se uma representação mais adaptada à intenção

da conceitualização, diminuindo-se a distância entre o modelo pretendido e o modelo especificado.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho de pesquisa é buscar a aproximação da especificação dos modelos à sua conceitualização no desenvolvimento colaborativo de ontologias.

Para buscar esta aproximação propõem-se a formalização da argumentação como forma de apoiar, facilitar e fundamentar o processo de negociação para resolução de divergências. Esta formalização se dá através do uso de princípios filosóficos baseados nas teorias de **essência**, **identidade**, **unidade** e **dependência** preconizados pela metodologia *OntoClean* (GUARINO; WELTY, 2004) para justificar parte dos argumentos utilizados no processo de negociação, tornando-os “formais”. Estes argumentos são denominados “formais” porque fornecem uma justificativa para as escolhas de modelagens independentemente do domínio e possibilitam a descoberta de erros existentes nas modelagens.

Os objetivos específicos são os seguintes:

1. Detectar e apresentar as divergências decorrentes das especificações de modelos diferentes que representam as conceitualizações particulares que os participantes fazem sobre um mesmo domínio da realidade.
2. Fornecer subsídios formais com base na *OntoClean* para apoiar o processo de negociação para resolução das divergências encontradas (item 1), auxiliando os participantes a alcançar o consenso sobre um modelo especificado comum, o qual representa o entendimento da maioria dos participantes.
3. Facilitar o uso da metodologia *OntoClean* através de uma aplicação transparente ao usuário, diminuindo a carga cognitiva necessária ao seu entendimento.
4. Produzir ontologias bem fundamentadas ⁷ pela utilização da *OntoClean*, favorecendo a interoperabilidade e a reusabilidade.

⁷ Uma ontologia bem fundamentada é uma ontologia enraizada em uma ontologia de fundamentação (*upper-level*), i.e. um sistema de categorias do mundo real, independente do domínio e construído sobre bases filosóficas e cognitivas.

1.4 MOTIVAÇÃO

É difícil para o ser humano pensar de maneira explícita. Por este motivo a especificação de modelos não é uma tarefa trivial. Além dos problemas inerentes ao processo de comunicação e expressão, praticamente não existem artefatos que auxiliem os usuários na explicitação de características que irão produzir inferências que correspondem aos modelos pretendidos do domínio a representar. Estes aspectos são acentuados quando se tratam de atividades colaborativas, realizadas por grupos de participantes, com visões e formações heterogêneas, pois o modelo especificado adotado deve representar o consenso, senão de todos, pelo menos da maioria dos participantes.

Geralmente o consenso é alcançado em um processo de negociação entre os participantes, em que cada um defende suas escolhas através da apresentação de argumentos que as justifiquem. No entanto estes argumentos são baseados nas experiências e no conhecimento particular de cada participante.

A principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho é fornecer uma fundamentação à argumentação para apoiar o processo de negociação para resolução de divergências no desenvolvimento colaborativo de ontologias.

Com esta fundamentação melhora-se a eficácia do processo de negociação, pois muitas vezes, mesmo modeladores experientes são incapazes de justificar suas escolhas heurísticas de modelagem, e as divergências encontradas somente conseguem ser resolvidas através de uma análise ontológica formal que ajuda a elicitar as distinções naturais que tornam os pressupostos de modelagem claros. (GUARINO; WELTY, 2004). Neste sentido a metodologia *OntoClean* foi escolhida por estar fundamentada em princípios da filosofia, linguística e ciências cognitivas.

A *OntoClean* também foi escolhida por se tratar de uma metodologia formal com relação a dois significados: rigorosa e geral. Rigorosa porque é baseada em lógica, sendo neutra com relação à verdade e geral porque não está preocupada com o domínio do conhecimento, ou seja, está preocupada com a descrição de suas formas, sendo neutra com relação à realidade. Além disso, a semântica das metapropriedades da *OntoClean* são especificadas em lógica modal, o que permite que elas sejam provadas matematicamente, diferentemente das outras metodologias que são descritas em linguagem natural.

Assim a *OntoClean* vem de encontro com os objetivos desta pesquisa porque auxilia na explicitação do conteúdo intencional (através do uso das metapropriedades) na definição dos conceitos, além de verificar se tais conceitos assim definidos são consistentes. Existem

outras metodologias imperativas, as quais são mais voltadas à consistência estrutural (com relação aos construtos que são permitidos para compor os elementos de uma ontologia) e lógica (com relação à existência de alguma informação contraditória) das ontologias, sendo a ênfase relativa ao raciocínio formal para garantir inferências formais sobre os relacionamentos de subsunção entre os conceitos. Entretanto, como estas metodologias não impõem restrições sobre a estrutura formal dos conceitos, seus significados pretendidos permanecem totalmente arbitrários.

A utilização da *OntoClean* na argumentação tem como objetivo fornecer um suporte para auxiliar os usuários a tornarem explícitas partes de seus modelos conceituais (modelos mentais). Como resultado busca-se reduzir a distância conceitual entre o modelo pretendido e o modelo especificado, obtendo-se uma representação mais adaptada à intenção da conceitualização e produzindo-se ontologias bem-fundamentadas de uma forma colaborativa.

Embora a metodologia *OntoClean* seja amplamente aceita pela comunidade científica, sua aplicação ainda é considerada difícil de entender e onerosa, mesmo por modeladores de ontologias experientes (VÖLKER et al., 2008). Como afirma um dos criadores da *OntoClean* (WELTY et al., 2004) o entendimento da metodologia é um obstáculo significativo, exigindo um grande esforço manual para sua aplicação.

Para amenizar o problema de usabilidade da *OntoClean*, integrou-se a metodologia a um processo de argumentação colaborativo, criando-se um método transparente ao usuário. Para tal, utilizou-se uma base de *templates* (modelos) para fornecer pistas aos participantes para as atribuições das metapropriedades *OntoClean* e realizar validações da hierarquia da ontologia. Estes *templates* são baseados nos fundamentos filosóficos que regem os princípios das metapropriedades e as restrições por elas impostas, procurando-se facilitar o entendimento da *OntoClean* e diminuindo-se a carga cognitiva dos participantes.

1.5 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa foi baseada em (SILVA; MENEZES, 2005), sendo composta pelas seguintes etapas:

- Revisão Bibliográfica: estudo dos temas relacionados à área da pesquisa, tais como: ontologias, processos de *matching* de ontologias, trabalho cooperativo apoiado por computador, metodologias e ferramentas de desenvolvimento colaborativo de ontologias, metodologias de avaliação de ontologias, processos de

negociação e argumentação, metodologias de realização de experimentos. Estudo aprofundado dos temas específicos que embasam a pesquisa: metodologia *OntoClean*, abordagens que utilizam *OntoClean* para especificação e validação de ontologias, abordagens que utilizam argumentação para resolução de divergências, técnicas de argumentação e busca pelo consenso.

- Qualificação: desenvolvimento dos requisitos necessários para realizar a qualificação da proposta de tese: redação do texto e da qualificação da defesa e, conseqüentemente, refinamento das hipóteses e objetivos de pesquisa;
- Desenvolvimento da Pesquisa: construção do método de argumentação para resolução colaborativa de divergências na combinação de ontologias individuais, denominado pelo acrônimo CAMIO (*Collaborative Argumentation in Merging Individual Ontologies*), incluindo o desenvolvimento de um algoritmo de combinação de ontologias individuais, definição do modelo de negociação/argumentação utilizado, desenvolvimento de *templates* para condução do processo de argumentação, seguido pela implementação do método CAMIO em dois protótipos de sistema.
- Elaboração e desenvolvimento da metodologia a ser usada nos experimentos.
- Avaliação: realização de seis experimentos para avaliação do método CAMIO.
- Redação: redação do texto da tese apresentando a pesquisa realizada e os resultados obtidos. Em adição, foram escritos e aceitos três artigos para eventos e periódico durante a realização desta pesquisa.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este documento está organizado em seis capítulos. O Capítulo 2 descreve a fundamentação teórica deste trabalho. O Capítulo 3 apresenta o Método de Argumentação Colaborativa para Combinação de Ontologias (CAMIO). No Capítulo 4 são mostrados os experimentos realizados para avaliação do CAMIO, os resultados obtidos, os protótipos de sistemas desenvolvidos para implementação do método CAMIO e as conclusões dos experimentos. Os trabalhos correlatos são listados no Capítulo 5. As conclusões finais e os trabalhos futuros encontram-se no Capítulo 6.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica que embasou esta pesquisa de doutorado é apresentada neste capítulo. Inicialmente são mostrados os principais aspectos do processo de combinação de ontologias e heterogeneidade de informações. Na sequência encontra-se a fundamentação do processo de negociação, argumentação e votação. Em seguida são apresentadas algumas metodologias de avaliação de ontologias. Na continuidade encontra-se a Metodologia *OntoClean*. No final do capítulo são apresentados alguns métodos correlatos utilizados para a redução da distância entre modelos conceituais, na engenharia de ontologias.

2.1 COMBINAÇÃO DE ONTOLOGIAS E HETEROGENEIDADE DE INFORMAÇÕES

Para que as ontologias possam ser utilizadas no compartilhamento e reuso de conhecimento em domínios correlatos, faz-se necessário encontrar correspondências entre os elementos destas ontologias, para se obter a interoperabilidade entre sistemas.

A integração de conhecimentos utilizando-se ontologias se depara com a heterogeneidade de diferentes tipos de linguagens, modelos e terminologias. Para resolver os problemas de heterogeneidade é preciso encontrar correspondências entre entidades relacionadas semanticamente, que estão presentes em ontologias diferentes, sendo esse processo denominado de *matching* de ontologias (EUZENAT; SHVAIKO, 2007).

Estas correspondências podem representar relações de equivalência (significando que os objetos são os mesmos ou no caso de fórmulas que são equivalentes), relações correspondentes à teoria de conjuntos (equivalência, disjunção, subsunção), relações *fuzzy*, distribuições probabilísticas ou medidas de similaridade.

As principais dificuldades para realizar *matching* de ontologias referem-se ao reconhecimento das diferenças existentes entre ontologias e seus elementos componentes.

Euzenat e Shvaiko (2007), Bouquet et al. (2004) classificam as formas de heterogeneidade de maneira semelhante, subdivididas em quatro níveis principais:

- **Heterogeneidade sintática:** ocorre quando as ontologias não são expressas na mesma linguagem (OWL, KIF e RDF) ou quando elas são modeladas em diferentes formalismos de representação do conhecimento (OWL e F-Logic).

- **Heterogeneidade terminológica:** são as diferenças nas atribuições de nomes que se referem às mesmas entidades (instâncias, propriedades, relações) em diferentes ontologias, tais como:
 - diferentes palavras usadas para nomear uma mesma entidade (sinônimos);
 - mesma palavra usada para nomear diferentes entidades (polissemia);
 - palavras de diferentes línguas (Inglês, Francês, Espanhol) são usadas para nomear entidades;
 - variações sintáticas da mesma palavra (grafias diferentes aceitáveis, abreviações, usos de prefixos/sufixos opcionais).
- **Heterogeneidade semiótica ou pragmática:** são diferenças de interpretações para uma mesma ontologia feitas por indivíduos/comunidades em diferentes contextos. Este tipo de heterogeneidade é difícil de ser tratado e resolvido por computadores, pois depende da interpretação humana dentro de um contexto.
- **Heterogeneidade conceitual ou semântica:** representam as diferenças na modelagem de um mesmo domínio de interesse. Podem ocorrer em duas formas:
 - diferenças de conceitualização: diferenças na modelagem dos conceitos, devido ao uso de conceitos diferentes para representar o mundo, por exemplo, geometria axiomatizada com pontos como objetos primitivos ou geometria axiomatizada com esferas como objetos primitivos;
 - diferenças de explicitação: diferenças na forma como os conceitos são expressos, devido ao uso de axiomas diferentes (mesmo sendo algumas vezes equivalentes) para a definição de conceitos.

As heterogeneidades conceituais podem ser agrupadas em função do motivo da divergência, conforme apresentado na Figura 2, extraída de Bouquet et al. (2004):

- **Diferenças na cobertura:** ontologias que se sobrepõem, porém descrevem diferentes regiões do mundo em um mesmo nível de detalhe e de uma mesma perspectiva (em caso de ontologias disjuntas o alinhamento deve permitir que sejam conjuntamente utilizadas, e em caso de sobreposição, reconhecer partes comuns e resolver possíveis problemas de heterogeneidade sintática e terminológica). Por exemplo, duas ontologias sobre o domínio estudantil, em uma delas existem conceitos e propriedades sobre as disciplinas extracurriculares cursadas pelos estudantes que a outra desconsidera.

- **Diferenças na granularidade:** ontologias que descrevem a mesma região do mundo, de uma mesma perspectiva, porém em diferentes níveis de detalhes (o alinhamento deverá fornecer a possibilidade de representação de um nível para outro). Por exemplo, duas ontologias sobre o domínio estudantil, em uma delas cada um dos documentos dos estudantes são representados em vários detalhes como número, data de expedição, local de expedição, estado e em outra é representado apenas como um conceito genérico de documento.
- **Diferenças na perspectiva ou escopo:** ontologias que representam um mesmo nível de cobertura (a mesma região do mundo) e granularidade (o mesmo nível de detalhe), porém de diferentes perspectivas, ou seja, fornecem diferentes pontos de vista sobre um mesmo domínio (o alinhamento deverá fornecer à possibilidade de rotacionar a perspectiva de uma ontologia). Por exemplo, um mapa político e um mapa geológico não apresentam os mesmos objetos, ou o conceito calor pode ser aplicado a diferentes condições climáticas em regiões do Brasil, ou em outros países.

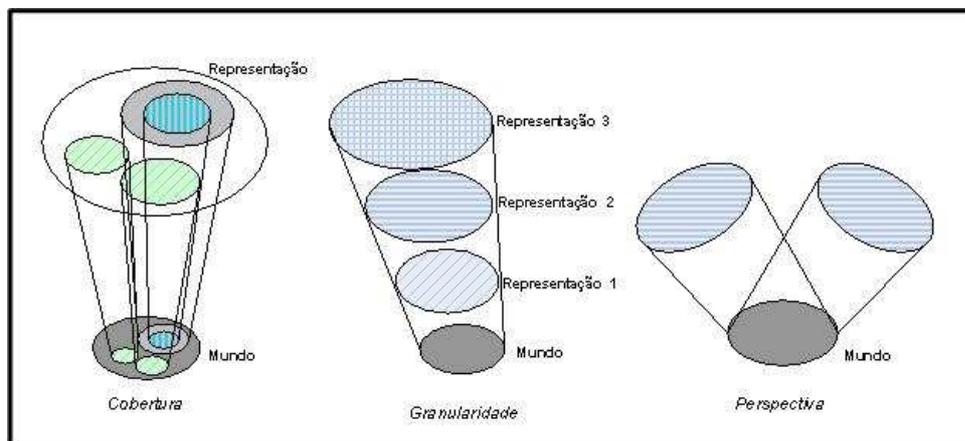


Figura 2 - Dimensões de heterogeneidade a nível conceitual

O *matching* de ontologias serve como entrada para as atividades de integração, alinhamento e combinação de ontologias, descritos a seguir conforme definição de Bruijn et al. (2004).

Integração é a inclusão de uma ontologia em outra (sendo que a primeira ontologia permanece inalterada), através da combinação da conceitualização e do vocabulário que se sobrepõem. Entretanto, as ontologias podem descrever partes diferentes do domínio em níveis diferentes de detalhe.

Alinhamento de ontologias especifica como os conceitos em diferentes ontologias são relacionados em um sentido lógico, e devem ser representados em algum formalismo. No alinhamento as ontologias originais não mudam, mas são incluídos axiomas adicionais que descrevem o relacionamento entre conceitos, também denominado **mapeamento**. Como as ontologias originais permanecem inalteradas, uma implicação é que apenas uma parte da integração pode ser feita, porque maiores diferenças podem requerer adaptações das ontologias. O alinhamento geralmente é realizado quando as ontologias descrevem domínios que são complementares.

Combinação é a criação de uma nova ontologia a partir de duas ou mais ontologias diferentes, sendo que a nova ontologia é unificada e substitui as ontologias fontes que permanecem inalteradas. Geralmente as ontologias fontes representam domínios similares ou sobrepostos. Existem três possibilidades para a continuidade das ontologias fontes, elas podem desaparecer (neste caso suas instâncias, se existentes, também são mescladas na ontologia combinada); podem continuar sendo utilizadas individualmente, porém possuindo mapeamentos das ontologias fontes para a ontologia combinada, ou a ontologia combinada pode corresponder a uma das ontologias fontes (nestes dois últimos casos, suas instâncias, se existentes, permanecem armazenadas nas ontologias individuais e durante a execução da aplicação é realizada a transformação e unificação das instâncias).

O processo de criação de mapeamentos implica na realização de duas atividades, a primeira refere-se à busca por similaridades entre os elementos das ontologias fontes (conceitos, relações, instâncias) e a segunda utiliza essas similaridades para estabelecer os mapeamentos necessários para a integração, alinhamento e combinação das ontologias (BRUIJN et al., 2004). Estas atividades são as mais difíceis e menos automatizadas porque envolvem o entendimento do significado das representações e a negociação humana para reconciliar visões concorrentes sobre como um problema de modelagem particular deve ser resolvido (CHALUPSKY, 2000).

Neste trabalho assume-se que com a utilização de algum método de alinhamento são produzidas as informações de entrada fornecidas ao método proposto (CAMIO), as quais representam os resultados (alinhamentos) de um processo de *matching* em ontologias diferentes, indicando as correspondências entre elementos semanticamente relacionados em diferentes ontologias.

Na literatura existe uma vasta variedade de métodos de alinhamento tais como (NOY; MUSEN, 2001; EHRIG; SURE, 2004; WANG; XU, 2007; MALUCELLI et al., 2005;

BESANA; ROBERTSON, 2007; JÄSCHKE et al., 2008; ANGELETOU et al., 2007; SPECIA; MOTTA, 2007; BALDONI et al., 2008; FREDDO; TACLA, 2009).

No método CAMIO estes elementos semanticamente relacionados são discutidos em um processo de negociação entre os participantes para que se alcance o consenso sobre o significado a ser atribuído a cada elemento na ontologia consensual.

2.2 PROCESSO DE NEGOCIAÇÃO E METODOLOGIAS DE ARGUMENTAÇÃO

A construção do conhecimento dentro de um processo colaborativo exige que as representações do conhecimento sejam compartilhadas entre os participantes e que, de alguma forma, os participantes possam argumentar sobre as diferenças encontradas até que evoluam para um consenso, ou uma decisão final, sobre uma conceitualização.

O principal benefício esperado da colaboração é aumentar a qualidade da solução, devido à combinação de diferentes perspectivas dos membros e, conseqüentemente com mais visões sendo consideradas, a decisão torna-se menos subjetiva do que a decisão de uma única pessoa porque representa uma visão consensual do domínio que foi explicitada e debatida (KARAPIPERIS; APOSTOLOU, 2006).

O desenvolvimento colaborativo de ontologias é uma aplicação que inerentemente precisa de um processo de negociação para resolver as diferenças entre as ontologias individuais através da colaboração/negociação dos participantes. Um processo de colaboração/negociação pode ser desenvolvido em três fases (LINHARES et al., 2009):

1. **Apresentação de propostas:** os participantes apresentam propostas para resolver os problemas encontrados.
2. **Negociação baseada na argumentação:** os participantes precisam chegar a uma posição consensual sobre cada proposta. A comunicação é necessária para confrontar as posições individuais, que podem ser favoráveis ou contrárias à proposta, além de fornecer argumentos para fundamentar as posições adotadas.
3. **Decisão:** tendo obtido um conjunto consensual de posições, uma decisão precisa ser tomada. Este passo envolve analisar as implicações da solução adotada e os subsequentes passos necessários para colocá-la em prática.

Para que a solução adotada seja satisfatória os participantes devem analisar todas as propostas disponíveis para a tomada de decisão. A argumentação tem um papel fundamental

neste processo decisório, pois é através dela que os participantes podem reunir e analisar as informações procurando prós e contras com relação às consequências de determinadas decisões para a resolução de problemas. A argumentação é um importante processo cognitivo para lidar com informações conflitantes gerando ou comparando argumentos (HUNTER, 2007).

Segundo Besnard e Hunter (2008) todo argumento é um conjunto de pressupostos, i.e. informações sobre quais conclusões podem ser obtidas, juntamente com as conclusões que podem ser alcançadas por um ou mais passos de raciocínio (passos de dedução). Os pressupostos de um argumento são chamados de premissas e seus resultados são chamados de conclusões.

Algumas abordagens de engenharia de ontologias que realizam processos de negociação baseados na argumentação tomam por base, modelos de argumentação para selecionar quais os tipos de argumentos devem ser usados pelos participantes, como forma de conduzir este processo. O modelo IBIS – *Issue Based Information Systems* (KUNZ; RITTEL, 1970) é utilizado em várias abordagens.

O objetivo principal do IBIS é fornecer apoio ao processo de tomada de decisão para os seguintes tipos de problemas:

- Durante a formulação do problema é difícil identificar os requisitos para uma boa solução, assim como os fatores de influência relevantes. Somente pelo desenvolvimento das soluções é que se obtém um entendimento suficiente do problema para identificar seus requisitos e fatores de influência.
- Não existe uma solução correta ou errada, apenas soluções que são melhores ou piores.
- Não é possível testar todas as soluções propostas e então selecionar a melhor pelos custos da realização de cada solução.
- Geralmente o problema é diferente das soluções previamente desenvolvidas, sendo difícil realizar apenas a sua adaptação para um novo problema.

Durante o processo de decisão colaborativo o IBIS auxilia a estruturar os problemas existentes de acordo com os tipos de argumentos que disponibiliza e então as possíveis soluções são apresentadas e discutidas entre os participantes. Estas discussões são centradas em tópicos, os quais correlacionam todas as questões a ele associadas.

As discussões iniciam-se com a definição das questões às quais os participantes podem propor subsequentes soluções. Estas soluções são apoiadas por argumentos, que podem fortalecê-las ou enfraquecê-las. As questões podem ser correlacionadas com outras questões, sendo generalizadas ou tratadas de uma forma análoga, i.e. os mesmos argumentos e soluções propostas podem ser aplicados a ambas as questões.

Neste sentido, o IBIS auxilia na estruturação de um problema fornecendo um melhor entendimento e levando a uma melhor compreensão dos seus aspectos e das soluções propostas, auxiliando no equilíbrio entre as razões favoráveis ou contrárias à uma solução proposta. O modelo IBIS propõe que todo o processo de decisão seja documentado fornecendo um histórico de todas as alternativas de soluções propostas, assim como as razões que levaram à escolha de determinadas soluções, possibilitando a criação de novas soluções a partir de uma anteriormente adotada.

Outros modelos também são utilizados, porém com menor frequência. Por exemplo, o modelo de Potts e Bruns (1988) e o RST – *Rhetorical Structure Theory* (MANN; THOMPSON, 1987).

Para finalização dos processos de negociação geralmente são realizados processos de votação para que uma decisão comum seja alcançada, a qual representa o entendimento da maioria dos participantes.

2.3 PROCESSO DE VOTAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÃO

O processo de votação é um mecanismo para alcançar o consenso durante as discussões. Os participantes devem decidir sobre qual é a melhor solução para o problema e qual a escolha que representa a opinião do maior número de pessoas, tanto quanto possível.

Existem muitos mecanismos de votação, conforme descrito abaixo (VIDAL, 2006; SHOHAM; LEYTON-BROWN, 2009):

- Votação de pluralidade: no qual cada participante vota uma única vez para a sua opção favorita. Os votos são contados e a opção com mais votos será escolhida.
- Votação de segundo turno: no qual primeiramente uma votação de pluralidade é feita, e em seguida, são escolhidas as duas opções vencedoras e acontece uma nova eleição com apenas estas duas opções. Esta técnica pode ser estendida para qualquer número de eleições de segundo turno.

- Votação cumulativa: no qual cada participante recebe um número x de votos e pode distribuí-los de forma arbitrária (por exemplo, pode atribuir vários votos para um único candidato e o restante pode dividir entre alguns outros candidatos). O candidato com mais votos será escolhido.
- Votação de aprovação: no qual cada participante pode votar (em uma única votação) para a maior quantidade de candidatos desejados, e o candidato com mais votos será escolhido.
- Votação de pluralidade com eliminação: no qual cada participante faz um único voto para a sua opção favorita. A opção com menos votos é eliminada. Cada participante que votou em um candidato eliminado realiza uma nova votação para a opção favorita entre os candidatos que não tenham sido eliminados. Este processo é repetido até que apenas uma opção permaneça.
- Votação de borda: no qual cada participante realiza uma completa ordenação dos candidatos. Esta ordenação designa pontos para cada candidato, se existem n candidatos são apontados $n-1$ pontos para o primeiro candidato classificado, $n-2$ pontos para o segundo classificado e assim por diante, não contribuindo com pontos para o pior candidato classificado. O vencedor é aquele com soma maior dentre todos os eleitores.
- Votação com eliminação de pares: no qual os participantes com antecedência recebem uma tabela para determinar a ordem, assim como quais os pares de opções serão comparados. De acordo com a ordem de preferência escolhida, o participante deve determinar a sua opção preferida. A opção preferida por uma minoria dos participantes é eliminada, sendo que o próximo par de opções ainda não eliminado na tabela é considerado. O processo continua até que apenas uma opção permaneça.

Os quatro primeiros métodos de votação são chamados métodos de votação sem *ranking*, em que cada participante vota em apenas uma das opções disponíveis. Os dois próximos são considerados uma opção híbrida, porque os participantes podem votar em mais de uma opção disponível. Os últimos três métodos de votação são chamados de métodos de votação com *ranking*, pois permitem aos participantes expressar suas ordens de pretensão de forma integral.

2.4 AVALIAÇÃO DE ONTOLOGIAS

Existem poucos autores que tratam da avaliação de ontologias com relação ao seu uso pretendido, levando em conta o significado atribuído aos seus elementos. A seguir são apresentados alguns trabalhos nesta área.

Gangemi et al. (2006) consideram uma ontologia como um objeto semiótico constituído por um objeto de informação (ontologia) e uma conceitualização pretendida (significado) estabelecidos dentro de um ambiente de comunicação (contexto da aplicação). Dessa forma, cada um destes elementos pode ser avaliado de acordo com parâmetros de qualidade específicos às suas características, podendo ser divididos em:

- Medidas estruturais: nas quais a ontologia é representada como um grafo, permitindo a análise sintática e semântica do formalismo da ontologia, independentemente do contexto da aplicação.
- Medidas funcionais: as quais são relacionadas ao uso pretendido de uma ontologia e de suas funções de acordo com um contexto ou um conjunto de pressupostos sobre o mundo. As medidas funcionais analisam a forma com que uma ontologia é pensada, construída e explorada, sendo consideradas medidas extrínsecas ao grafo de uma ontologia.
- Medidas de usabilidade: as quais são relacionadas principalmente à facilidade de uso da ontologia por seus usuários, ou seja, tratam da identificação das propriedades, eficiência e interface da ontologia.

Gangemi et al. (2006) ainda ressaltam que as medidas funcionais são sempre aproximativas, ou seja, medem o grau de aproximação entre uma ontologia e sua conceitualização, porém o maior problema é encontrar formas para medir este grau, pois este conhecimento é algo que está na experiência de uma comunidade, não se tratando apenas de informações em documentos, mas também incluindo teorias, práticas e habilidades desenvolvidas pelos indivíduos que fazem parte desta comunidade, as quais não estão representadas na sua totalidade nos documentos disponíveis.

A precisão de uma ontologia representa a sua exatidão, avaliando a inexistência de elementos não pretendidos. A cobertura de uma ontologia refere-se à inclusão de todos os elementos pretendidos. Conforme apresentado na Figura 3, a precisão de uma ontologia (ovais coloridos) em relação ao modelo pretendido (ovais amarelos) pode ser medida pela

aproximação da realidade representada (adequação ao domínio), através da diferença entre o conjunto de modelos pretendidos e o conjunto de modelos especificados pela ontologia (resultado apresentado nos retângulos coloridos). Os ovais em cinza incluem todos os modelos permitidos pela linguagem lógica utilizada.

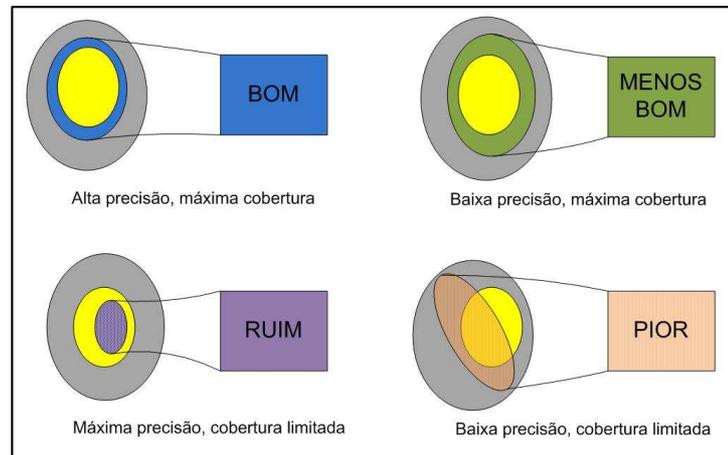


Figura 3 - Precisão e cobertura de uma ontologia
Fonte: Gangemi et al. (2006)

Para buscar uma solução para este problema, Gangemi et al. (2006) propõem que uma conceitualização pretendida corresponda a uma parte da especialidade dos usuários da ontologia, sendo que o limite desta especialidade é fornecido pela tarefa que deve ser realizada com a ajuda da ontologia. Como consequência os modelos pretendidos passam a serem modelos admitidos ou não pela conceitualização do usuário com base na referida especialidade.

Vários tipos de avaliações funcionais utilizam como medidas básicas algumas adaptações das medidas de precisão e cobertura, através da escolha de um domínio apropriado para a recuperação de negativos e positivos a partir da correspondência entre a estrutura da ontologia e seus significados e usos pretendidos. Os procedimentos usados para definir os valores positivos e negativos influenciam fortemente nos resultados obtidos, ou seja, a aplicabilidade das medidas funcionais é um ponto chave para a avaliação funcional de ontologias (GANGEMI et al., 2006).

Gangemi et al. (2006) propõe a adaptação das medidas de precisão e cobertura para avaliação dos modelos pretendidos com relação aos modelos especificados. Os modelos pretendidos e admitidos pela ontologia são chamados verdadeiros positivos (*true positive* – TP), os modelos que não são pretendidos, mas são admitidos pela ontologia são chamados falsos positivos (*false positive* – FP), os modelos que são pretendidos mas não são admitidos pela ontologia são chamados de falsos negativos (*false negative* – FN).

A fórmula para o cálculo da medida de precisão usada por Gangemi et al. (2006) é apresentada na equação (1), sendo n_{TP} a cardinalidade do conjunto dos verdadeiros positivos, e n_{FP} a cardinalidade do conjunto dos falsos positivos.

Equação 1 - Fórmula para o cálculo da precisão
Fonte: GANGEMI et al. (2006)

$$Precisão = \frac{n_{TP}}{n_{TP} + n_{FP}}$$

A fórmula para o cálculo da medida de cobertura usada por Gangemi et al. (2006) é apresentada na equação (2), sendo n_{FN} a cardinalidade do conjunto dos falsos negativos.

Equação 2 - Fórmula para o cálculo da cobertura
Fonte: GANGEMI et al. (2006)

$$Cobertura = \frac{n_{TP}}{n_{TP} + n_{FN}}$$

A seguir são apresentados alguns tipos de avaliações classificadas como funcionais segundo Gangemi et al. (2006). Estas avaliações calculam a precisão e a cobertura de uma ontologia e são classificadas como avaliações de caixa preta ou transparente de acordo com os dados usados para sua medição, que podem ser os seguintes:

- O julgamento de especialistas: classificadas como avaliações de *caixa preta*, por serem subjetivas ou não ensináveis, não sendo usado o conhecimento das estruturas internas de um esquema;
- Um conjunto de dados assumidos como uma expressão qualificada de uma especialidade ou tarefa, por exemplo, textos, figuras, diagramas, registros de base de dados e esquemas de metadados: classificadas como avaliações de *caixa transparente*, por ser tratar de um mecanismo do qual se conhece o funcionamento, sendo respaldado por um método explícito que pode ser reproduzido.

Avaliação da concordância

A ontologia é avaliada de forma subjetiva (*caixa preta*) e as medidas de precisão e cobertura são obtidas através da medição do grau de aprovação do especialista com relação aos seus elementos, ou em se tratando de um grupo de especialistas, através da medição do grau de consenso obtido pelo grupo. Este tipo de avaliação exige que os especialistas tenham habilidade para realizar um julgamento, apoiados por argumentos ou questões retóricas para auxiliar no alcance do consenso.

Avaliação da satisfação do usuário

Outro tipo de avaliação subjetiva (*caixa preta*), a qual mede a satisfação do usuário por meio de enquetes, questionários, popularidade e avaliação de confiança. Requer um procedimento cuidadoso na escolha dos usuários envolvidos e no estabelecimento de suas áreas de competência.

Avaliação de tarefa

A ontologia é avaliada de acordo com sua capacidade em realizar a tarefa para a qual foi especificada, sendo verificado se a ontologia atinge seus objetivos, pré-condições, pós-condições, restrições, opções, entre outras, tomando por base os dados disponíveis (*caixa transparente*) para determinada tarefa. Esta avaliação requer a especificação da tarefa, que pode ser feita em uma das seguintes formas:

- Especificação de serviços: os serviços computacionais especificados no modelo de processos da aplicação podem ser utilizados para avaliar a precisão e cobertura de uma ontologia. Por exemplo, se um serviço requer um padrão de entrada/saída de dados, a ontologia deve fornecer um vocabulário e axiomas para os dados envolvidos neste processo de entrada/saída, de tal forma que um esquema de aplicação adequado possa ser construído, fornecendo os resultados esperados.
- Especificação de uma solução padrão ouro: um corpo validado de respostas para uma determinada tarefa é utilizado para avaliar a precisão de uma ontologia com relação às respostas obtidas.
- Especificação de tarefas: as especificações das tarefas são aferidas diretamente com a ontologia. A especificação da tarefa deve incluir referências a uma ontologia de domínio, podendo ser genérica e reusada para outras aplicações e requisitos. Um exemplo de especificação de tarefas são as questões de

competência, as quais elicitam as consultas que os usuários podem querer fazer a uma base de conhecimento especificada de acordo com uma ontologia.

Avaliação de tema

É baseada na disponibilidade de dados (*caixa transparente*) sobre o tema coberto pela ontologia, avaliando a aptidão desta ontologia com relação a um repositório de dados existente. A especificação do tema pode ser realizada das seguintes formas:

- Anotação de um diretório: a ontologia é anotada com o rótulo do assunto. É uma técnica de *caixa cinza* porque o rótulo do assunto não revela a estrutura interna do conhecimento, mas age como um substituto para ele.
- Reengenharia e combinação: realizado sobre repositórios de metadados, tais como terminologias, diagramas informais, esquemas de banco de dados e orientação a objetos, entre outros. A reengenharia baseia-se em melhores práticas de desenvolvimento, traduções formais e customizações, requerendo o enriquecimento da ontologia com objetos de informação que podem ser comparados para obtenção de informações. Após a reengenharia uma fonte (que pode até ser um modelo padrão ouro) pode ser importada ou mapeada, sendo que o grau de dificuldade em elaborar tais atividades fornece as medidas de precisão e cobertura da ontologia.
- Extração e combinação: opera sobre repositórios de dados (linguístico, imagem e banco de dados) extraindo padrões de informação e combinando-os ao grafo da ontologia. Esta extração é baseada principalmente em técnicas de aprendizado de ontologias. A combinação pode ser controversa, porque depende da forma com que os dados são analisados, assim um mesmo texto pode ser analisado de diferentes formas, portanto obtendo-se padrões diferentes.

Avaliação baseada em corpus

Utilizando corpus de documentos e técnicas de processamento de linguagem natural são identificadas instâncias (ocorrências no texto) de conceitos e relacionamentos da ontologia. De acordo com as informações recuperadas são aplicadas as medidas de precisão e cobertura. Os verdadeiros positivos (TP) representam o número de instâncias recuperadas que foram rotuladas corretamente de acordo com o conceito na ontologia. Os falsos positivos (FP) referem-se ao número de instâncias recuperadas que foram incorretamente rotuladas de acordo com o conceito da ontologia. Os falsos negativos (FN) representam o número de

instâncias que foram incorretamente não reconhecidas com um conceito na ontologia. Os verdadeiros negativos (TN) são o número de instâncias que foram corretamente não reconhecidas como instâncias de conceitos da ontologia.

Avaliação de modularidade

Avalia os dados disponíveis (*caixa transparente*) sobre o projeto de uma ontologia, medindo a ontologia de acordo com a sua aptidão de reusabilidade. Este tipo de avaliação requer que as ontologias tenham sido projetadas utilizando-se uma metodologia adequada, a qual deve priorizar a especificação de componentes reusáveis tais como bibliotecas de ontologias, com indicadores de sua proveniência, especificidade, histórico de aplicação, que já devem ter sido avaliados antecipadamente.

Assim a modularidade depende da avaliação de tema, para se conhecer quais teorias são necessárias no projeto da ontologia e também depende da avaliação de tarefa, pois é necessário saber quanta teoria reutilizável será necessária. Esta dependência causa uma forma de circularidade: um componente reusável tem que ser avaliado com relação a uma tarefa e também deve fornecer uma solução pronta para a mesma avaliação da tarefa. Não existe uma solução trivial para esta circularidade, e uma boa prática é isolar um fragmento tanto quanto possível, e importá-lo.

Uma arquitetura que pode ser usada para modularização é a estratificação, que permite decompor projetos de ontologia aplicando-se ontologias de núcleo e referência. A avaliação de ontologias projetadas por metodologias baseadas em modularização estratificada torna-se mais simples, desde que o tema e a tarefa sejam claros o suficiente. Uma arquitetura típica de estratificação requer uma camada de fundação em que uma ontologia núcleo seja construída ou reusada de acordo com o tema e a tarefa dos projetos de ontologia, assim como requer que ontologias de domínio sejam conectadas à camada núcleo.

Em Guarino (2004) as avaliações levam em conta o pressuposto de que as ontologias são somente aproximações de especificações de conceitualizações, assim fornecem o grau de tais aproximações. Guarino propõe que as medidas de precisão e *coverage* (o autor salienta que o termo *coverage* é análogo ao termo *recall* usado na recuperação de informações, porém o considera mais apropriado ao contexto de ontologias) sejam obtidas com base na semântica dos mundos possíveis, na qual uma conceitualização (Figura 1) é definida como $C = \langle D, W, R \rangle$, onde D é o universo de discurso ou domínio, W é o conjunto dos mundos possíveis e R é o conjunto de relações intencionais, definidas como mapeamentos de W em desejáveis relações sobre D , considerando-se que D é finito.

A medida de precisão é apresentada na equação (3) e representa o percentual de conceitos na ontologia avaliada que se sobrepõem com o modelo pretendido, ou seja, a proporção dos modelos pretendidos $|I_k \cap O_k|$ sobre a soma de todos os modelos admitidos na ontologia $|O_k|$.

Equação 3 - Fórmula para o cálculo da precisão
Fonte: Guarino (2004)

$$Precisão = \frac{|I_k \cap O_k|}{|O_k|}$$

A medida de *coverage* é apresentada na equação (4) e representa a proporção dos modelos pretendidos $|I_k \cap O_k|$ sobre a soma de todos os modelos pretendidos admitidos ou não pela ontologia.

Equação 4 - Fórmula para o cálculo da Coverage
Fonte: Guarino (2004)

$$Coverage = \frac{|I_k \cap O_k|}{|I_k|}$$

Para domínios infinitos, Guarino (2004) sugere que as avaliações sejam simuladas utilizando-se uma lista finita de exemplos e contraexemplos, os quais são validados pelos especialistas do domínio, e, complementados por questões de competência para caracterizar realização das tarefas esperadas, buscando, dessa forma, transmitir o significado pretendido às palavras.

Na abordagem de Bagheri e Ghorbani (2009) foram feitas avaliações com relação à eficácia e usabilidade da ferramenta que implementa o método proposto. Após o uso da ferramenta que implementa a proposição de um modelo de desenvolvimento e integração colaborativos de modelos conceituais, baseado na teoria da crença, os participantes dos experimentos avaliaram a usabilidade do sistema através da resposta a um Questionário de Usabilidade do Sistema Computacional (CSUQ).

A eficácia foi avaliada através das medidas de precisão e cobertura sobre os diagramas de classe produzidos nos experimentos, comparados com um modelo conceitual de

referência desenvolvido por um conjunto de modeladores experientes, tomando-se por base quatro indicadores:

- TP – verdadeiro positivo: representa o número de elementos que existem no modelo produzido e no modelo de referência;
- FP – falso positivo: representa o número de elementos que existem no modelo produzido, mas não existem no modelo de referência.
- TN – verdadeiro negativo: representa o número de elementos que não existem tanto no modelo produzido como no modelo de referência (é um exemplo negativo que está corretamente identificado como negativo).
- FN – falso negativo: representa o número de elementos que não existem no modelo produzido, mas existem no modelo de referência.

A medida de precisão, apresentada na equação (5), corresponde à proporção dos elementos rotulados corretamente no modelo produzido (TP + TN) sobre todos os elementos do modelo produzido (TP+ TN + FN + FP).

Equação 5 - Fórmula para o cálculo da precisão
Fonte: Bagheri e Ghorbani (2009)

$$\text{Precisão} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{TN} + \text{FN} + \text{FP}}$$

A medida de cobertura, apresentada na equação (6), corresponde ao número médio de elementos classificados corretamente sobre todos os elementos.

Equação 6 - Fórmula para o cálculo da cobertura
Fonte: Bagheri e Ghorbani (2009)

$$\text{Cobertura} = \frac{\frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} + \frac{\text{TN}}{\text{TN} + \text{FP}}}{2}$$

Brewster et al. (2004) propõem uma metodologia para avaliar a congruência entre ontologias e seu domínio de conhecimento, com o objetivo de verificar se os interesses dos usuários foram capturados na construção da ontologia. Para tal os autores propõem que a

avaliação da ontologia seja baseada na comparação desta com textos em linguagem natural sobre o domínio, indicada pelo número relativo de termos encontrados na descrição e também na ontologia. Inicialmente são identificados os termos chaves no *corpus* selecionado, em seguida estes termos são expandidos através de consultas a outras fontes para encontrar suas diferentes formas léxicas, e finalmente o conjunto de termos obtido é mapeado para as ontologias. Usando uma abordagem probabilística (que pode ser baseada no Teorema de Bayes ou em medidas de aptidão sobre o WordNet, entre outras) realizam-se comparações do conjunto de termos com os rótulos das ontologias, estes resultados passam por treinamentos, e no final do processo a ontologia que maximizar a probabilidade condicional, dado um determinado *corpus*, é considerada a melhor ontologia.

Em Evermann e Fang (2010) a avaliação da ontologia é relativa à sua qualidade cognitiva, ou seja, à verificação da adequação entre a conceitualização do domínio e a sua especificação. Esta avaliação é baseada nos princípios da psicologia cognitiva. Para tal, o entendimento da conceitualização produzido nas estruturas cognitivas humanas é elicitado através da recuperação das informações obtidas pela ativação da difusão das ligações das hierarquias conceituais, na qual cada conceito tem possivelmente superconceitos mais gerais e subconceitos mais especializados. O primeiro efeito da hierarquia conceitual é o “efeito da distância semântica” que corresponde a uma maior ou menor recuperação de conceitos, de acordo com a ativação das ligações entre os conceitos mais próximos ou mais distantes respectivamente. O segundo é o “efeito da dimensão da categoria”, pois, em um modelo de conceitos, um conceito é uma categoria que contém representações de suas instâncias prototípicas. Isto sugere que quanto mais alto o nível da categoria (representa um grande número de instâncias diversificadas), maior é o tempo necessário para buscar as instâncias específicas da categoria. Estes dois efeitos são medidos aplicando-se uma tarefa de verificação de sentença. Nesta tarefa, os indivíduos verificam as declarações de subsunção de categorias, por exemplo, “um poodle é um animal”, e o tempo e a correção da resposta são levados em conta para determinar a qualidade cognitiva da ontologia.

2.5 A METODOLOGIA *ONTOCLEAN*

A *OntoClean* é uma metodologia baseada em noções ontológicas gerais, obtidas da Filosofia, que são usadas para caracterizar aspectos relevantes do significado pretendido aos elementos que constituem uma ontologia, tornando explícitos os pressupostos resultantes de

uma conceitualização e revelando as suas consequências lógicas (GUARINO; WELTY, 2004).

Além disso, a *OntoClean* auxilia na avaliação e validação da modelagem por meio da imposição de restrições na hierarquia dos conceitos de uma ontologia. Estas restrições ajudam na revelação de erros comuns em relacionamentos de subsunção (do tipo *é-um*), fornecendo uma base formal para demonstrar porque estes relacionamentos estão errados, expondo escolhas de modelagens inapropriadas e inconsistentes, objetivando fornecer como resultado uma taxonomia limpa (GUARINO; WELTY, 2002).

Algumas definições básicas são importantes para o correto entendimento do uso dos termos empregados na *OntoClean*. Primeiramente, para definir as metapropriedades da *OntoClean*, seus autores adotam uma semântica de teoria de modelos.

A formalização destas metapropriedades é feita em lógica modal S5, com a Fórmula de Barcan (S5+BF), que fornece um domínio constante (todo objeto existe em todos os mundos possíveis) e uma acessibilidade universal (todo mundo é acessível de todos os outros mundos possíveis inclusive dele mesmo).

Assim, propriedades correspondem a predicados unários e indicam uma existência independente de tempo, representando o significado ou a intenção de expressões como *humano*, *estudante*, *animal*, *localização*, *objeto_físico*, sendo que um mundo é populado por indivíduos que exibem ou instanciam estas propriedades.

Deste modo, é possível falar em **conceitos**, isto é, um conjunto de indivíduos que instanciam as mesmas propriedades e em quais estados de mundo isto ocorre, sendo que esta representação é feita em lógica modal através do uso dos operadores de necessidade e possibilidade.

Um estado de mundo é refletido pelas extensões das relações, ou seja, é referente a cada combinação de todas as variáveis observáveis no domínio com as relações especificadas sobre o domínio. Um mundo é um conjunto ordenado de estados de mundo correspondendo à evolução do domínio no tempo.

Por exemplo, os indivíduos do conceito *humano* necessariamente exibem a propriedade de ser *humano* em todos os mundos possíveis, isto é, se a propriedade *humano* é verdadeira para um indivíduo em um mundo w , então esta propriedade será necessariamente verdadeira em todos os mundos alcançáveis a partir de w . Outras propriedades são possivelmente verdadeiras, por exemplo, o conceito *estudante* pode ou não exibir a propriedade de ser *estudante*, pois esta pode ser verdadeira em um mundo acessível a partir do

mundo atual w e pode não ser verdadeira em outro mundo acessível a partir do mundo atual w .

O exemplo acima é ilustrado na Figura 4. Assim, seja W o conjunto dos estados de mundos possíveis $W = \{w_1, w_2, w_3, w_4\}$, D o universo de discurso ou domínio $D = \{A, B, K, P, Q\}$, e R o conjunto de relações sobre D , então $R = \{\textit{humano}, \textit{estudante}\}$. Sendo a relação *humano* (na Figura 4 representada pela letra H) necessariamente verdadeira, tem-se para todos os mundos possíveis w em W : $\textit{humano}(w) = D$. Sendo a relação *estudante* (na Figura 4 representada pela letra E) possivelmente verdadeira, tem-se: $\textit{estudante}(w_1) = \{A, Q\}$, $\textit{estudante}(w_2) = \{K, B, Q\}$, $\textit{estudante}(w_3) = \{K, B, P\}$, $\textit{estudante}(w_4) = \{A\}$.

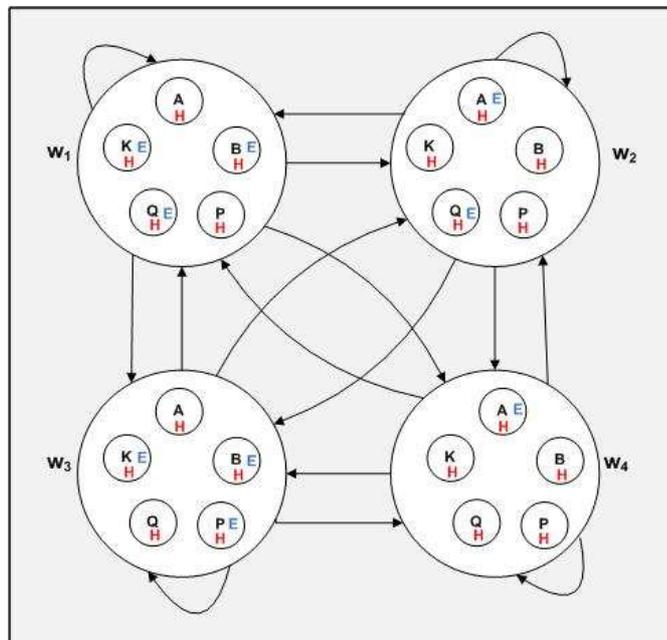


Figura 4 - Mundos possíveis W de acordo com a conceitualização do domínio D e as relações R

Esta dualidade na qual algumas propriedades podem ser necessariamente verdadeiras (*humano*), enquanto outras podem ser possivelmente verdadeiras (*estudante*) diz respeito à **essencialidade** da propriedade.

Certos conceitos apresentam suas partes e limites bem definidos, de tal forma que é possível saber, em geral, o quê faz e o quê não faz parte de um indivíduo, e sob quais condições um indivíduo é inteiro ou completo, referindo-se a **unidade** do conceito. Por exemplo, um indivíduo pode ser considerado um elemento inteiro, porque possui limites exatos que permitem separá-lo dentre os demais, como são os casos de indivíduos dos conceitos *gato* ou *carro*. Outros indivíduos não são considerados elementos inteiros ou completos, pois são substâncias dispersas e espalhadas, que não possuem um formato padrão

ou uma estrutura pré-definida como, por exemplo, uma *quantidade_de_manteiga* ou um *pedaço_de_barro*.

Um conceito com **identidade** permite o reconhecimento de um indivíduo dentre os demais indivíduos do conceito, através da existência de um **critério de identificação**, cujos valores são únicos para cada indivíduo. Por exemplo, é possível distinguir os indivíduos do conceito *cachorro*, através do DNA, ou uma *espécie_de_inseto* pela chave pictórica de identificação. Já para o conceito *macio* não existe um critério comum que permita a identificação de seus indivíduos, pois os indivíduos que podem exibir a propriedade de ser *macio* podem ser *esponjas, tecidos, alimentos e sofás*.

Existem conceitos que possuem a sua existência condicionada ao relacionamento com outros indivíduos de outros conceitos, reportando-se à **dependência** do conceito. Por exemplo, para um indivíduo ser *estudante* precisa estar relacionado com outro indivíduo de uma *instituição_de_ensino*, ou para um indivíduo ser *procurador_jurídico* de uma *pessoa* precisa de uma instância de *procuração* reconhecida em cartório.

A metodologia *OntoClean* define um conjunto de metapropriedades que permitem caracterizar os conceitos de acordo com sua natureza ontológica, justamente em relação à **essencialidade, unidade, identidade e dependência**. Estas metapropriedades são suficientemente gerais para serem usadas em qualquer ontologia, independente de um domínio particular.

Os conceitos são organizados dentro de uma hierarquia de subsunção, significando que os conceitos mais gerais (superconceitos) subsumem os conceitos mais específicos (subconceitos), e assim, os conceitos mais específicos herdam as propriedades dos conceitos mais gerais.

As noções filosóficas básicas utilizadas para fundamentar as metapropriedades *OntoClean* fornecem informações sobre o significado das propriedades e impõem restrições para manter a coerência dos relacionamentos entre os conceitos, visando alcançar os compromissos ontológicos. As principais noções que embasam a metodologia *OntoClean* são apresentadas a seguir baseadas em (GUARINO; WELTY, 2000a, 2000b, 2002, 2004; WELTY; GUARINO, 2001).

2.5.1 Essência e rigidez

Uma propriedade é **essencial** ou imprescindível se o seu conjunto de indivíduos é invariável em todos os mundos possíveis, ou seja, todos os indivíduos exibem a propriedade em todos os mundos possíveis. Por exemplo, uma vez que um indivíduo instancia a propriedade de ser *gato* nunca deixará de instanciá-la em qualquer um dos mundos possíveis, pois esta é uma propriedade **essencial**.

A **essência** apresenta formas variantes com relação à sua ocorrência, representada pela noção de **rigidez**. **Rígida** é uma propriedade **essencial** para todos os indivíduos, i.e. uma propriedade ϕ , tal que:

$$\forall x\phi(x) \rightarrow \Box\phi(x)$$

Assim, um indivíduo que instancia uma propriedade **rígida** não pode deixar de instanciá-la em nenhum dos mundos possíveis. Representa-se uma propriedade **rígida** pela notação ϕ^{+R} .

Não-rígida é uma propriedade que é obrigatoriamente **essencial** para pelo menos um indivíduo e opcionalmente **não essencial** para os demais indivíduos, i.e. uma propriedade ϕ , tal que:

$$\exists x\phi(x) \wedge \neg\Box\phi(x)$$

Assim, alguns indivíduos podem instanciá-la e outros deixarem de instanciá-la em algum mundo possível. Porém, ao menos um indivíduo deve obrigatoriamente instanciá-la em todos os mundos possíveis. Representa-se uma propriedade **não-rígida** pela notação ϕ^{-R} .

Antirrígida é uma propriedade que não é **essencial** para nenhum dos indivíduos, i.e. uma propriedade ϕ , tal que:

$$\forall x\phi(x) \wedge \neg\Box\phi(x)$$

Assim, em um mundo possível pode ser que nenhum indivíduo a instancie e, em outro, alguns, ou até mesmo todos, podem instanciá-la. Representa-se uma propriedade **antirrígida** pela notação $\phi^{\sim R}$.

Várias questões surgiram com o decorrer da aplicação da metodologia *OntoClean*. Com relação à **rigidez**, as questões são referentes a falhas encontradas em capturar elementos chaves como tempo e existência atual (KAPLAN, 2001; ANDERSEN; MENZEL, 2004; CARRERA et al., 2004 apud WELTY; ANDERSEN, 2005), assim na versão 2.0 (WELTY; ANDERSEN, 2005), existe um cuidado com estas questões, envolvendo variações sobre o tempo e entre mundos possíveis, ou ambos, apresentando diferentes tipos de **rigidez**. Essas noções são apresentadas no Anexo A.

2.5.2 Identidade

A **identidade** refere-se ao problema de distinguir um indivíduo específico dentre os demais indivíduos de um conceito, por meio de um **critério de identidade** (características de identificação) que possui valores únicos e distintos para cada indivíduo.

Um **critério de identidade** para uma propriedade ϕ é geralmente definido como uma relação ρ satisfazendo a seguinte fórmula:

$$\phi(x) \wedge \phi(y) \rightarrow (\rho(x,y) \leftrightarrow x=y)$$

Por exemplo, seja ρ a relação *impressão_digital_idêntica*, então tem-se:

$$\text{Humano}(x) \wedge \text{Humano}(y) \rightarrow (\text{impressão_digital_idêntica}(x,y) \leftrightarrow x=y)$$

x e y serão os mesmos indivíduos se possuem os mesmos valores para a relação *impressão_digital_idêntica*.

Estas características de identificação podem ser internas aos próprios indivíduos (partes ou qualidades) ou externas a eles (outras entidades de referência). Assim, duas descrições referem-se a um mesmo indivíduo se elas apresentam algumas partes ou qualidades em comum (por exemplo, podemos dizer que dois *animais* são os mesmos se possuem *DNA_idêntico*), ou porque estão relacionadas, da mesma maneira com alguma outra coisa (por exemplo, podemos dizer que dois *objetos_materiais* são os mesmos, se eles ocupam a *mesma_região_espacial*).

Nem sempre é fácil reconhecer um **critério de identidade** de um conceito, contudo a análise da **identidade** pode ser limitada ao reconhecimento das suas propriedades essenciais, ou seja, as condições usadas para definir a igualdade (condições suficientes) e condições que são implicadas pela igualdade (condições necessárias). Então se dois indivíduos não possuem as mesmas propriedades essenciais, obviamente eles são distintos. No Apêndice B encontram-se algumas caracterizações que podem ser usadas para auxiliar na identificação de um **critério de identidade** de acordo com Guarino (1999).

A **identidade** de um conceito é herdada ao longo da hierarquia de subsunção, assim outra distinção a ser feita é se um conceito fornece seu próprio **critério de identidade** ou se herda um **critério de identidade** de seu superconceito. Representa-se uma propriedade que fornece seu próprio **critério de identidade** pela notação ϕ^{+0} (ou conforme adotado em nossa pesquisa como ϕ^{*1}) e uma propriedade que herda seu **critério de identidade** pela notação ϕ^{+1} .

Um conceito fornece seu próprio **critério de identidade** se:

- É **rígido**,

- Existe um **critério de identidade** necessário e suficiente para ele,
- Este **critério de identidade** não é carregado por todos os conceitos que o subsumem, ou seja, por seus superconceitos.

Um conceito carrega um **critério de identidade** se é subsumido por um conceito que fornece um **critério de identidade**. Conceitos **não-rígidos** somente podem carregar um **critério de identidade**.

Em contrapartida existem conceitos que não possuem um **critério de identidade**, porque não existe um **critério de identidade** comum a todos os seus indivíduos, ou porque os indivíduos realmente não possuem um **critério de identidade**. No primeiro caso, todos os indivíduos possuem critérios de **identidade**, porém estes critérios são diferentes para cada indivíduo, não sendo possível aplicar o mesmo critério igualmente para todos os indivíduos, porque a **identidade** não é dada por este conceito. Por exemplo, o conceito *vermelho* (quando se refere a objetos e coisas que são da cor vermelha) não possui um **critério de identidade** comum para todos os seus indivíduos, porque podem incluir entre seus membros, indivíduos de vários conceitos como *frutas*, *tapetes* e *carros*. No segundo caso, geralmente se tratam de atributos ou qualidades que classificam um indivíduo. Representa-se uma propriedade que não possui um **critério de identidade** pela notação ϕ^{-1} .

2.5.3 Unidade

Um conceito possui **unidade** se é possível distinguir todas as suas partes componentes do resto do mundo, por meio de uma relação de equivalência que une estas partes, não envolvendo qualquer outra coisa.

Essa relação de equivalência é denominada de **critério de unidade**, representando as condições específicas que devem ser observadas para unir as partes de um conceito, determinando o quê faz e o quê não faz parte de um objeto e sob quais condições um objeto é considerado inteiro ou completo. Todo objeto que é atômico, é intrinsecamente completo, ou seja, possui **unidade**.

Então um objeto x é um inteiro ou completo sob ω , se e somente se ω é uma relação de equivalência (ou **critério de unidade**), de tal forma que todas as partes de x são ligadas por ω , e nada mais é ligado por ω . Uma propriedade ϕ carrega uma condição de unidade, se e somente se existe uma única relação de equivalência ω tal que cada indivíduo de ϕ é inteiro ou completo sob ω . Representa-se uma propriedade que possui **unidade** pela notação ϕ^{+U} .

De acordo com a natureza ontológica da relação de equivalência pode-se distinguir três tipos principais de **unidade** para entidades concretas (que possuem localização espacial-temporal):

- **Unidade topológica:** baseada em um tipo de ligação física ou topológica, tal como a relação entre as partes de uma *maçã*.
- **Unidade morfológica:** baseada em uma combinação de unidade topológica e forma tal como uma *bola*, ou uma relação morfológica entre conceitos com unidade, tal como uma *constelação*.
- **Unidade funcional:** baseada em uma combinação de outros tipos de unidade com noções de propósito tal como artefatos como *martelo*, ou relações funcionais entre conceitos com unidade tal como um *biquíni*.

Assim pode-se perceber que conceitos com **unidade** também podem ter partes que são elas próprias outras unidades em relações diferentes de equivalência. Por exemplo, existe um **critério de unidade** para cada parte do *corpo_humano*, assim como para o *corpo_humano* pode-se especificar um **critério de unidade** que liga todas as suas partes componentes.

Na *OntoClean* também é feita a distinção dos conceitos que são portadores de um **critério de unidade** comum, daqueles que não são portadores de um **critério de unidade**. Estes últimos são divididos em dois tipos.

O primeiro trata das propriedades com **não-unidade**, referindo-se às propriedades em que todos os indivíduos são completos, porém sob diferentes critérios de **unidade**, ou seja, não existe um **critério de unidade** comum para todos os indivíduos. Representa-se uma propriedade que possui **não-unidade** pela notação ϕ^{-U} . Por exemplo, o conceito *brinquedo* (do qual podem fazer parte indivíduos dos conceitos *boneca*, *carrinho*, *bicicleta*, *pistola_de_água*, *jogo*, *quebra_cabeça*) exibe **não-unidade**, porque todos os indivíduos são completos e possuem **unidade**, porém cada indivíduo apresenta um **critério de unidade** diferente, que não é comum a todos os indivíduos.

O segundo trata das propriedades com **antiunidade**, referindo-se às propriedades cujos indivíduos não são intrinsecamente inteiros ou completos, ou seja, não possuem um **critério de unidade**, porque são substâncias dispersas, espalhadas que não possuem um formato ou estrutura pré-definidos ou que não são reconhecidos como uma entidade isolada. Representa-se uma propriedade que possui **antiunidade** pela notação $\phi^{\sim U}$. Um objeto com **antiunidade** quando dividido passa a obter novos objetos da mesma classificação, por

exemplo, uma *parte_de_manteiga* quando dividida ainda continua uma ou duas *partes_de_manteiga*. Outros exemplos de conceitos com **antiunidade** são *pedaço_de_barro*, *quantidade_de_matéria*, *porção_de_argila*, *massa_de_bolo*, *quantidade_de_água*, *porção_de_areia*.

2.5.4 Dependência

Existem dois tipos de **dependência**: intrínsecas e extrínsecas. Uma dependência é intrínseca se ela é inerente ao indivíduo e não depende de outros indivíduos. Por exemplo, um *humano* não é externamente dependente da propriedade *possuir_coração* ou *possuir_corpo*, porque qualquer humano tem um coração como uma parte componente e é constituído de um corpo. As dependências intrínsecas não são tratadas como **dependência** na *OntoClean* desde que representam partes ou constituintes que já são próprios do indivíduo.

Na *OntoClean* a metapropriedade **dependência** refere-se às dependências extrínsecas, as quais possuem uma natureza relacional com indivíduos de outros conceitos, que não são suas partes nem seus constituintes, i. e. é aplicada a propriedades em que a existência dos indivíduos está relacionada e é dependente da existência de outros indivíduos de outros conceitos. Por exemplo, a propriedade ser *pai* apresenta **dependência**, pois para um indivíduo exibir essa propriedade é necessário que tenha a relação de paternidade com um indivíduo que exiba a propriedade ser *filho*.

Assim, uma propriedade ϕ é externamente **dependente** de uma propriedade ψ se, para todos os indivíduos x , necessariamente algum indivíduo de ψ deve existir, que não é parte nem constituinte de x :

$\forall x \square (\phi(x) \rightarrow \exists y \psi(y) \wedge \neg P(y,x) \wedge \neg C(y,x))$, sendo:

- $P(y,x)$: y é parte de x ,
- $C(y,x)$: y é constituído de x .

Representa-se uma propriedade que possui **dependência** pela notação ϕ^{+D} .

Quando uma propriedade não apresenta alguma **dependência** extrínseca é classificada como **não-dependente**. Representa-se uma propriedade que possui **não-dependência** pela notação ϕ^{-D} .

2.5.5 Restrições na hierarquia de subsunções

A *OntoClean* também é utilizada para avaliar e validar a hierarquia de subsunção dos conceitos, através de restrições decorrentes da atribuição das metapropriedades da *OntoClean* aos conceitos. Quando ocorrem violações nestas restrições geralmente se tratam de taxonomias construídas inadequadamente ou mal entendidas.

Neste sentido, ações corretivas envolvem reconsiderar o significado (a conceitualização) dos conceitos envolvidos através de uma nova associação de metapropriedades para garantir a consistência, ou através da mudança da posição do conceito na hierarquia.

As principais restrições envolvendo a atribuição de metapropriedades *OntoClean* são apresentadas a seguir.

Uma propriedade não rígida (ϕ^R) ou antirrígida ($\phi^{\sim R}$), não pode subsumir outra propriedade rígida (ψ^R)

Na hierarquia de subsunção, a **rigidez** não é herdada pelos subconceitos do conceito que a exhibe, entretanto a **rigidez** impõe restrições na hierarquia de subsunção.

Por exemplo, o conceito *estudante* e o conceito *humano*. *Humano* é uma propriedade **rígida**, pois uma vez que um indivíduo exhibe a propriedade de ser *humano* não deixa de sê-lo, e, *estudante* é uma propriedade **antirrígida**, pois os indivíduos podem deixar de exhibir esta propriedade.

Deste modo, é incorreto que o conceito *estudante* subsuma o conceito *humano*, pois isto implica em *humanos* serem necessariamente *estudantes* e, se um *estudante* deixar de ser *estudante*, também deixará de ser *humano* contrariando os pressupostos feitos na conceitualização de *humano*. Neste caso encontra-se uma inconsistência, porque o significado desta subsunção é o de que todos os humanos são necessariamente estudantes, então nenhum humano poderia deixar de ser estudante em todos os mundos possíveis nos quais existisse.

Então as propriedades **não-rígidas** somente podem subsumir propriedades **não-rígidas** ou **antirrígidas**, e as propriedades **antirrígidas** somente podem subsumir propriedades **antirrígidas**. Já as propriedades **rígidas** podem subsumir propriedades **rígidas**, **não-rígidas** ou **antirrígidas**.

*Uma propriedade que possui um **critério de identidade** (ϕ^{+I}), não pode subsumir outra propriedade que não possui este **critério** (ψ^{-I})*

A identidade é herdada na hierarquia de subsunção. Assim, uma propriedade que possui um **critério de identidade**, não pode subsumir outra propriedade que não possui um **critério de identidade**, pois neste caso os indivíduos do subconceito não podem ser identificados, mesmo herdando o **critério de identidade** do superconceito. Por exemplo, o conceito *humano* possui como **critério de identidade** a *impressão_digital*, então o conceito *estudante* que é subsumido por *humano* herda *impressão_digital* como um **critério de identidade**.

Se essa regra for ignorada, significa que os indivíduos do conceito subsumido não podem ser identificados, mesmo sendo indivíduos de um conceito que explicitamente permite a identificação de seus indivíduos. Isso leva a uma contradição revelando um erro na taxonomia.

*Uma propriedade que possui um **critério de unidade** (ϕ^{+U}), não pode subsumir outra propriedade que não possui este **critério** (ψ^{-U})*

A **unidade** é herdada na hierarquia de subsunção de conceitos de uma ontologia, assim algumas restrições são impostas pela **unidade**. Por exemplo, a composição de um relacionamento entre conceitos portadores de um **critério de unidade** com conceitos não portadores leva a uma contradição, tendo em vista que a existência de um **critério de unidade** exige que os indivíduos sejam completos, e a ausência não.

Então, uma propriedade que não possui um **critério de unidade**, não pode subsumir outra propriedade que possui um **critério de unidade**. Por exemplo, se o conceito *oceano* for subsumido pelo conceito *água*, há uma contradição. Neste caso, os indivíduos de *água* não possuem um **critério de unidade** (porque são substâncias esparsas e dispersas, não sendo delimitáveis), mas os indivíduos de *oceano* possuem um **critério de unidade** (porque os limites dos *oceanos* são conhecidos e pode-se afirmar o quê faz e o quê não faz parte de *oceano*).

Estes tipos de problemas geralmente são provenientes da ambiguidade da linguagem natural, ou seja, *oceanos* não são tipos de *água*, mas são compostos por *água*. A análise do **critério de unidade** revela um erro comum encontrado nas relações de subsunção que, ao contrário, referem-se a uma relação de constituição.

Uma propriedade **dependente** (ϕ^{+D}) não pode subsumir outra propriedade **não-dependente** (ψ^D)

A **dependência** é herdada na hierarquia de subsunção de conceitos, assim todos os conceitos subsumidos herdam a **dependência** do conceito que os subsume.

Por exemplo, *professor* não pode subsumir *humano*, pois todo professor possui uma relação de **dependência** com *instituição_de_ensino*, mais esta **dependência** não faz sentido para todos os *humanos*, causando uma inconsistência na hierarquia, pois a mesma é herdada para os conceitos que *professor* subsume.

2.6 METODOLOGIAS CORRELATAS

Nesta seção são apresentadas as características principais de algumas abordagens ou metodologias correlatas à *OntoClean*, que têm por objetivo tratar da semântica dos elementos de uma ontologia.

A abordagem de Kalfoglou e Robertson (1999) usa ontologias formais (elaboradas a partir de projetos que utilizam descrições formais expressas em lógica para sua especificação) para apoiar a detecção de erros conceituais nas especificações. Um erro conceitual é definido como uma falta de entendimento do conhecimento da aplicação do domínio, que resulta em um indesejável comportamento do sistema de software. A solução propõe que restrições ontológicas sejam inseridas na especificação da ontologia formal, na forma de axiomas específicos do domínio ou pela introdução de condições de erros, cuja função é restringir todas as possíveis interpretações dos construtos da ontologia. Assim, a sintaxe e a semântica da ontologia podem ser controladas e verificadas com relação às restrições ontológicas através de um verificador de erro, ou um software testador da especificação, para inferir se a especificação da ontologia exhibe algum comportamento indesejado ou se está consistente com respeito a sua cobertura conceitual.

Guizzardi et al. (2004) utilizam uma Linguagem Ontológica Geral (GOL – *General Ontological Language*) baseada em uma ontologia de fundamentação para avaliar a correção ontológica de modelos conceituais em UML e para desenvolver diretrizes de como associar uma semântica ontológica bem-definida aos construtos da UML. A abordagem propõe uma extensão à UML através da criação de um perfil (*profile*) que contém um conjunto de classes estereotipadas (tipos, subtipos, fases, papéis, *mixins*, categoria, papel *mixin*), que restringem a

semântica de elementos modelados em UML de acordo com distinções ontológicas principalmente inspiradas nos fundamentos filosóficos da *OntoClean* e uma série de afirmações psicológicas propostas pela psicologia cognitiva.

Em outro trabalho subsequente de Guizzardi (2005) é apresentada a Linguagem OntoUML, a qual representa uma extensão do metamodelo da linguagem UML para a construção de diagrama de classes, com a incorporação de primitivas de modelagem e axiomatizações derivadas das teorias ontológicas da ontologia de fundamentação UFO-A, assim como restrições de integridade que definem as maneiras válidas de se combinar as primitivas de modelagem que representam estas distinções. A OntoUML induz o modelador a trabalhar com uma combinação de um conjunto de padrões de modelagem, ao invés de trabalhar com primitivas de modelagem de menor granularidade (por exemplo classe, associação, especialização). Dessa forma, a escolha de modelagem de um elemento do domínio usando uma das categorias da OntoUML implica na necessidade de representação de outros elementos a ela associados. A OntoUML é destinada à construção de modelos conceituais estruturais. Em trabalhos posteriores (BENEVIDES; GUIZZARDI, 2009; BENEVIDES et al., 2010; GUIZZARDI et al., 2011) a Linguagem OntoUML foi implementada em diversas ferramentas, as quais utilizam os padrões da OntoUML para derivar regras de construção de modelos que representam explicitamente as regras de formação destes padrões, buscando a facilitação do uso desta linguagem, pois a mesma apresenta um alto grau de complexidade para modeladores iniciantes.

O método CleanONTO (SLEEMAN; REUL, 2006) usa definições para descrever cada conceito da taxonomia, sendo que estas definições são caminhos do conceito até o nó raiz da ontologia. Nesta versão do método estes caminhos são extraídos do *WordNet*⁸, porém seus autores mencionam que os caminhos poderiam ser extraídos de *corpus* de documentos sobre o domínio, entre outros. A abordagem é tratada em três fases. Na primeira fase cada um dos conceitos que existem na ontologia a ser avaliada é buscado por um investigador na *WordNet*, sendo feitas anotações sobre cada um dos caminhos obtidos. No caso da existência de mais de um caminho para um conceito, o investigador é responsável por selecionar o caminho que considerar mais apropriado de acordo com o domínio representado. Na segunda fase a ontologia é analisada e todas as ligações inconsistentes são separadas formando nós ou sub-árvores órfãos. Os nós são considerados inconsistentes caso não existam no dicionário usado ou não correspondam ao caminho obtido. Na terceira fase procura-se posicionar e

⁸ <http://wordnet.princeton.edu/>

inserir os nós e sub-árvores órfãos novamente na árvore principal, levando em conta os critérios de combinação que foram obtidos na primeira fase, de modo que estes critérios não sejam violados.

A tabela 1 apresenta um resumo das principais características das metodologias apresentadas nesta seção em comparação com a metodologia OntoClean (apresentada na seção 2.5), contemplando o ferramental utilizado para avaliação das especificações e as soluções propostas para restringir as possíveis interpretações dos construtos da ontologia.

Tabela 1 - Resumo das características das metodologias correlatas e da *OntoClean*

Método	Ferramental utilizado para avaliação das especificações	Solução proposta para restringir as possíveis interpretações dos construtos da ontologia
Kalfoglou e Robertson (1999)	Uso de descrições formais expressas em lógica para inserção de axiomas específicos do domínio e introdução de condições de erros em ontologias.	Com o uso de um software testador é realizada a detecção de um indesejável comportamento de um sistema de software.
Guizzardi et al. (2004)	Uso de uma Linguagem Ontológica Geral (baseada em uma ontologia de fundamentação) para fornecer diretrizes para associação de semântica ontológica aos construtos da UML.	Criação de um <i>profile</i> para estender a UML através de um conjunto de classes estereotipadas, as quais restringem a semântica de elementos modelados em UML.
OntoUML (2005)	Criação da linguagem OntoUML (extensão do metamodelo da linguagem UML, baseada na UFO-A) utilizada para realizar a combinação de um conjunto de padrões de modelagem para os elementos básicos da UML (classe, associação, especialização, entre outras).	Incorporação de primitivas de modelagem e axiomatizações, assim como restrições de integridade (que definem as maneiras válidas de se combinar estas primitivas de modelagem com os elementos básicos da UML) para realizar a representação de distinções ontológicas em um diagrama de classes UML.
CleanONTO (SLEEMAN; REUL, 2006)	Definições (representadas pelos caminhos do conceito até o nó raiz da ontologia, as quais são extraídas do WordNet, de <i>corpus</i> de documentos, entre outros) são usadas para descrever cada conceito da taxonomia.	Os caminhos da ontologia que não correspondem ao caminho obtido nas definições do método são considerados inconsistentes, sendo reposicionados de acordo com as definições obtidas.
OntoClean (GUARINO; WELTY, 2004)	Uso de noções ontológicas gerais (obtidas da Filosofia) para caracterizar aspectos específicos aos elementos de ontologias.	Atribuição de metapropriedades (fundamentadas nos princípios de essencialidade, identidade, unidade e dependência) para auxiliar na explicitação dos pressupostos atribuídos aos conceitos de ontologias. Validação da hierarquia de subsunção através da avaliação das restrições impostas pelas mesmas metapropriedades.

2.7 CONCLUSÕES

Este capítulo apresentou uma visão geral sobre alguns tópicos relacionados ao desenvolvimento colaborativo de ontologias. Na seção 2.1 são apresentadas as diferentes formas de união de ontologias, sendo que o método proposto nesta pesquisa realiza a **combinação** de conceitos similares provenientes de diferentes ontologias fontes sobre um mesmo domínio. Ainda nesta seção são apresentados os diversos tipos de heterogeneidades de informações, que resultam em divergências entre os elementos das ontologias fontes, a serem

discutidas nos processos de negociação. As heterogeneidades semânticas ou conceituais são tratadas pelo CAMIO e o tratamento proposto é apresentado na seção 3.2.

A seção 2.2 apresenta as fases de um processo de negociação colaborativo, as quais foram contempladas pelo método proposto: inicialmente o CAMIO apresenta as propostas para as divergências encontradas, sendo que os participantes também podem propor novas propostas. As negociações são realizadas através da exposição da argumentação fornecida pelo método, assim como pelos participantes. Todo o processo de argumentação do CAMIO é embasado na metodologia IBIS, também apresentada nesta seção. Para chegar a uma decisão sobre solução adotada, o método utiliza o mecanismo de votação de pluralidade, apresentado na seção 2.3.

A seção 2.4 apresenta algumas formas de avaliações de ontologias, que enfocam seus aspectos funcionais. A grande maioria das abordagens utiliza as medidas de precisão e cobertura. No entanto, o maior problema encontrado refere-se à escolha do domínio apropriado para obtenção dos valores utilizados nestas medidas, ou seja, como obter os valores negativos e positivos para realizar a correspondência entre a estrutura da ontologia e seus significados e usos pretendidos.

A seção 2.5 apresenta a metodologia *OntoClean* utilizada como base para realizar a formalização do conteúdo dos argumentos propostos pelo método CAMIO, assim como para realizar a verificação e validação da estrutura da ontologia consensual (produzida através da negociação dos participantes), de acordo com as restrições impostas pelo uso das metapropriedades *da OntoClean*.

Na seção 2.6 são apresentadas algumas abordagens ou metodologias correlatas à metodologia *OntoClean*, as quais utilizam diferentes formas para atribuir significado semântico aos elementos que compõem uma ontologia.

3 METODO DE ARGUMENTAÇÃO COLABORATIVA PARA COMBINAÇÃO DE ONTOLOGIAS INDIVIDUAIS (CAMIO)

Este capítulo apresenta o Método para Argumentação Colaborativa na Combinação de Ontologias Individuais – CAMIO (*Collaborative Argumentation in Merging Individual Ontologies*) desenvolvido nesta pesquisa. O CAMIO apoia o processo de argumentação para negociação de divergências no desenvolvimento colaborativo de ontologias, fornecendo argumentos formais para embasar as decisões dos participantes quanto às soluções a serem escolhidas para resolver as diferenças encontradas na combinação de ontologias individuais.

3.1 VISÃO GERAL DO MÉTODO

O Método CAMIO pode ser utilizado em qualquer processo de negociação para resolução de divergências, independentemente do método de desenvolvimento colaborativo de ontologias adotado, assim como independentemente de uma prévia atribuição de metapropriedades *OntoClean*.

As informações de entrada fornecidas ao CAMIO são os resultados (alinhamentos) de um processo de *matching* (EUZENAT; SHVAIKO, 2007) nas ontologias individuais, O_i , indicando as correspondências entre elementos semanticamente relacionados em diferentes ontologias, nesta pesquisa estes elementos são denominados de **conceitos similares**.

Estas ontologias individuais, O_i , são desenvolvidas a partir da conceitualização particular que cada usuário tem sobre o domínio representado. Então, as O_i são alinhadas, para obtenção dos conceitos similares, os quais serão tratados pelo método quanto às possíveis divergências com relação a posição taxonômica ocupada, a atribuição de metapropriedades *OntoClean* e a violação das restrições entre estas metapropriedades na hierarquia de subsunção.

Na literatura existe uma vasta variedade de métodos de alinhamento tais como os citados na Seção 2.1, sendo que neste trabalho assume-se que com a utilização de algum método, são produzidas as informações que são fornecidas e utilizadas pelo CAMIO. Estas informações são as seguintes:

- Conjuntos de elementos similares provenientes das O_i .

- Tipo dos elementos dos conjuntos do item anterior: conceito, relacionamento ou indivíduo.

O processo acontece para todos os conceitos das O_i , de fato o método CAMIO trata especificamente da parte de conceitos de uma taxonomia. A Figura 5 apresenta o workflow do CAMIO, e cada uma de suas etapas são apresentadas a seguir.

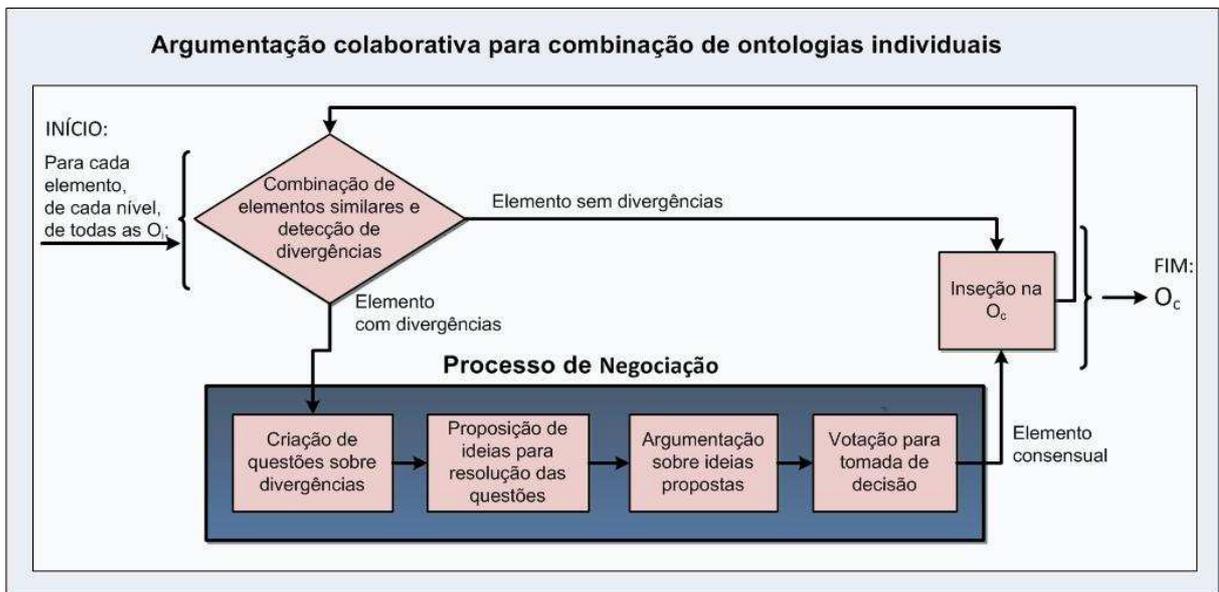


Figura 5 - Workflow do CAMIO

3.2 TIPOS DE DIVERGÊNCIAS TRATADAS

O método CAMIO pode detectar divergências de nível conceitual (EUZENAT; SHVAIKO, 2007; BOUQUET et al., 2004), as quais representam as diferenças na modelagem de um mesmo domínio de interesse, relacionadas aos pressupostos feitos sobre os elementos representados nas O_i , ou seja, o significado que cada desenvolvedor confere a cada elemento especificado na sua O_i .

O método considera que a conceitualização dos conceitos de uma ontologia é expressa pela sua posição na hierarquia de subsunção, assim como pela caracterização ontológica de cada conceito, determinada pela atribuição das metapropriedades *OntoClean*. Os tipos de divergências tratadas pelo método são apresentados a seguir.

3.2.1 Conceitos com divergências de posições taxonômicas

São os conceitos que são similares, mas que estão localizados em diferentes posições taxonômicas nas O_i , apresentando diferenças conceituais de granularidade, bem como os conceitos que não existem em todas as O_i .

Quando os conceitos apresentam divergências de posições taxonômicas (vide Seção 3.2.1) automaticamente também se considera que estes apresentam divergências de metapropriedades *OntoClean* (vide Seção 3.2.2), pois no método CAMIO assume-se que um conceito possui a mesma conceitualização quando encontra-se na mesma posição taxonômica e apresenta as mesmas metapropriedades *OntoClean*.

Como exemplo, na Figura 6 encontram-se as seguintes divergências de posição taxonômica:

- O conceito Pessoa existe somente na ontologia O_1 ,
- O conceito Professor, embora esteja no mesmo nível nas ontologias O_1 e O_2 , é subsumido por Pessoa em O_1 e por Servidor em O_2 ,
- O conceito Servidor encontra-se no 2º nível da ontologia O_1 e no 1º nível da ontologia O_2 , além de ser subsumido por Pessoa em O_1 e por Thing em O_2 .

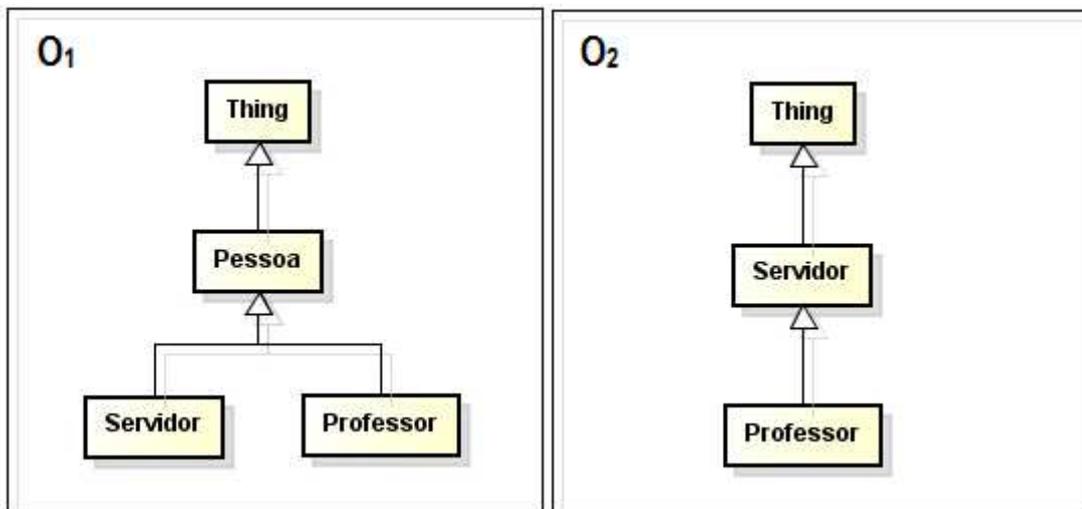


Figura 6 - Conceitos com divergências de posição taxonômica

3.2.2 Conceitos com divergências de metapropriedades *OntoClean*

São os conceitos que são similares nas O_i e que não apresentam divergências de posição taxonômica (vide Seção 3.2.1), porém estão etiquetados com diferentes

metapropriedades *OntoClean*, apresentando diferentes caracterizações ontológicas sobre um mesmo conceito. Na Figura 7 encontram-se os seguintes exemplos deste tipo de divergência:

- O conceito Pessoa é etiquetado com as seguintes metapropriedades: identidade própria (*I); unidade (+U), antirrigidez (~R) e dependência (+D) na ontologia O_1 , e, com identidade própria (*I); unidade (+U), rigidez (+R) e não-dependência (-D) na ontologia O_2 , apresentando diferenças nas metapropriedades de **essencialidade** e **dependência**.
- O conceito Professor é etiquetado com identidade herdada (+I); não-unidade (-U), antirrigidez (~R) e dependência (+D) na ontologia O_1 , e, com identidade própria (*I); unidade (+U), antirrigidez (~R) e dependência (+D) na ontologia O_2 , apresentando diferenças nas metapropriedades de **identidade** e **unidade**.

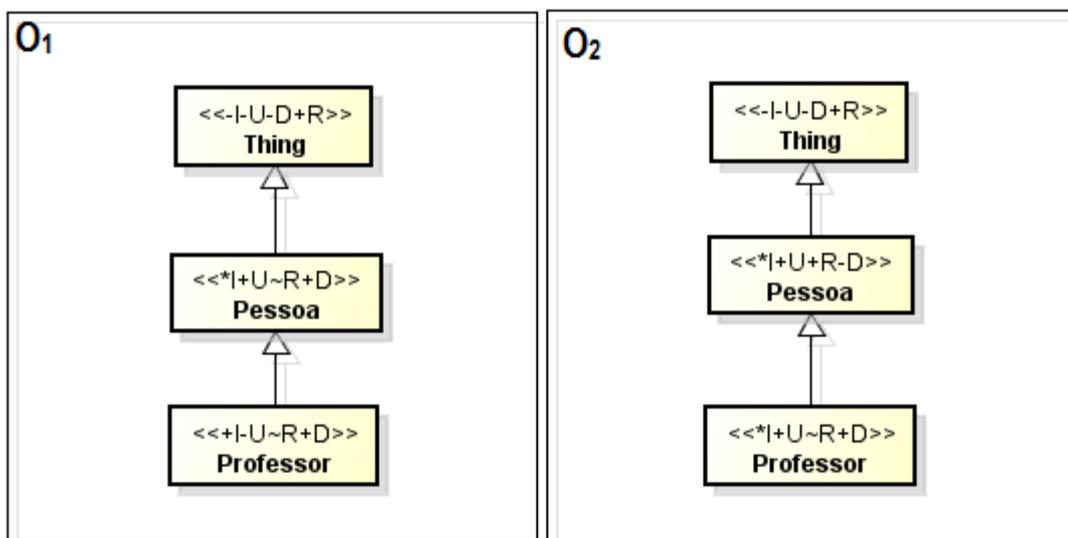


Figura 7 - Conceitos com divergências de metapropriedades *OntoClean*

3.2.3 Violação de restrições sobre as metapropriedades *OntoClean* na hierarquia de subsunção

Embora não se trate de uma diferença entre elementos das O_i , as violações de restrições impostas pelas metapropriedades *OntoClean* (que existirem na O_c) são tratadas como um tipo de divergência no método CAMIO. Este tipo de violação geralmente indica um caso de não entendimento do significado de um conceito, exigindo uma melhor reflexão sobre o significado pretendido para o mesmo, ou de taxonomias mal construídas que precisam de ações corretivas.

Neste sentido, ações corretivas envolvem reconsiderar o significado (a conceitualização) dos conceitos envolvidos através de novas associações de outras metapropriedades para garantir a consistência, e/ou através da mudança da posição do conceito na hierarquia.

A Figura 8 apresenta um exemplo deste tipo de divergência:

- Na ontologia O_1 , o conceito Servidor subsume o conceito Professor ocorrendo uma violação com relação à metapropriedade de **essencialidade**, pois Servidor sendo antirrígido ($\sim R$) não pode subsumir Professor sendo rígido ($+R$) (conforme apresentado na Seção 2.5.5).

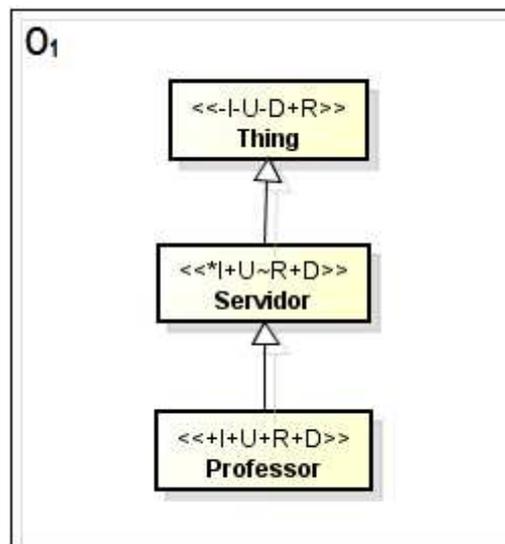


Figura 8 - Violação de restrição na metapropriedade essencialidade

3.3 COMBINAÇÃO DE ELEMENTOS DAS ONTOLOGIAS INDIVIDUAIS

Os elementos das ontologias individuais, O_i , são combinados para produzir uma única ontologia consensual, O_c . O_c poderá conter grande parte dos elementos provenientes das O_i , mas não necessariamente todos os elementos, e O_c será muito provavelmente diferente de cada O_i , pois as decisões tomadas refletem o consenso dos participantes.

O processo de combinação de conceitos é feito de acordo com o princípio de busca em nível, realizando-se primeiramente a combinação dos conceitos mais gerais, seguido por etapas subsequentes de combinações dos conceitos mais específicos. Iniciando-se pela combinação dos conceitos mais gerais – que geralmente são mais estáveis e possuem um nível

menor de detalhes – espera-se facilitar o alcance do consenso e evitar *backtracking*, isto é, o desfazer e o refazer de decisões já acordadas.

O Quadro 1 apresenta o algoritmo de combinação dos conceitos das O_i . Na primeira parte do algoritmo (linhas 1-7) agrupam-se os conceitos de todas as O_i por nível, desde o nível 1 (mais geral) até o nível n (mais específico) e estes são armazenados no vetor *ConceitosPorNível*.

Combinação (O_1, \dots, O_n) retorna O_c

Entrada: O_1, \dots, O_n : ontologias individuais,

A: lista de alinhamentos de conceitos similares em O_1, \dots, O_n

Saída: O_c : ontologia consensual

P: lista de conceitos explorados

//Agrupar conceitos das O_i por nível

01: Para $i=1 \dots d$ (profundidade máxima de O_1, \dots, O_n)

02: Para $j=1 \dots n$ (número de ontologias)

03: Para $k=1 \dots m$ (número de conceitos da ontologia[j] no nível [i])

04: $\text{ConceitosPorNível}[i] \leftarrow \text{InserirFimFila}(\text{ontologia}[j].\text{nome},$
 $\text{ontologia}[j].\text{conceito}[k].\text{nome},$
 $\text{ontologia}[j].\text{conceito}[k].\text{OC})$

05: Fim_Para

06: Fim_Para

07: Fim_Para

//Verificar a posição taxonômica e as metapropriedades OC dos conceitos e seus similares (para cada nível de conceitos agrupados em *ConceitosPorNível*), e de acordo com os resultados iniciar (ou não) um processo de discussão

08: Para $i=1 \dots d$

09: Enquanto (($C \leftarrow \text{RetirarInícioFila}(\text{ConceitosPorNível}[i])$) não está vazia) e (C não está em P) Faça

10: $\text{Similares} \leftarrow \text{ObtémConceitosSimilares}(C, A)$

11: Caso (($\text{MesmaPosiçãoTaxonômica}(\text{Similares})$) é verdadeira) e
 (($\text{MesmasMetapropriedadesOC}(\text{Similares})$) é verdadeira) então

12: $\text{Atualize } O_c \text{ com } (C)$

13: Caso (($\text{MesmaPosiçãoTaxonômica}(\text{Similares})$) é verdadeira) e
 (($\text{MesmasMetapropriedadesOC}(\text{Similares})$) é falsa) então

14: $\text{ResultadoOC} \leftarrow \text{ProcessoNegociaçãoParaMetapropriedadesOC}(\text{Similares})$

15: $\text{Atualize } O_c \text{ com } (C, \text{ResultadoOC})$

16: Caso (($\text{MesmaPosiçãoTaxonômica}(\text{Similares})$) é falsa) então

17: $\text{ResultadoTX} \leftarrow \text{ProcessoNegociaçãoParaPosiçãoTaxonômica}(\text{Similares})$

18: $\text{ResultadoOC} \leftarrow \text{ProcessoNegociaçãoParaMetapropriedadesOC}(\text{Similares})$

19: $\text{Atualize } O_c \text{ com } (C, \text{ResultadoTX}, \text{ResultadoOC})$

20: Adicione C a P

21: Fim_Enquanto

22: Fim_Para

23: Retorne O_c

Quadro 1 - Algoritmo de Combinação de Conceitos das O_i

Na segunda parte (linhas 8-23) obtêm-se cada um dos conceitos existentes em cada nível do vetor *ConceitosPorNível*, então para cada conceito realiza-se uma comparação com

seus similares (informados ao método através da lista A) para verificação das suas posições taxonômicas, bem como das suas metapropriedades *OntoClean*⁹.

Existem três possibilidades para o tratamento dos conceitos e suas divergências:

1. Os conceitos similares encontram-se na mesma posição taxonômica nas O_i e possuem as mesmas metapropriedades *OntoClean*, então o conceito é incluído diretamente na O_c .
2. Os conceitos similares encontram-se na mesma posição taxonômica nas O_i , porém possuem diferentes metapropriedades *OntoClean*¹⁰, então se faz necessário um processo de negociação para alcançar o consenso sobre as metapropriedades *OntoClean* (*ResultadoOC*). O conceito e o conteúdo de *ResultadoOC* são incluídos na O_c .
3. Os conceitos similares encontram-se em diferentes posições taxonômicas nas O_i ou o conceito existe somente em uma das O_i , então se faz necessário um processo de negociação para alcançar o consenso sobre a posição taxonômica (*ResultadoTX*) e as metapropriedades *OntoClean* (*ResultadoOC*). Os resultados de *ResultadoTX* e *ResultadoOC* são incluídos na O_c .

Por exemplo, em uma dada execução do CAMIO tendo como entrada:

- As ontologias individuais $\{O_1, O_2, O_3\}$ apresentadas na Figura 9A, sendo $O_1 \neq O_2 \neq O_3$,
- A lista de alinhamentos de conceitos similares¹¹ em $\{O_1, O_2, O_3\}$ apresentados na Figura 9B.

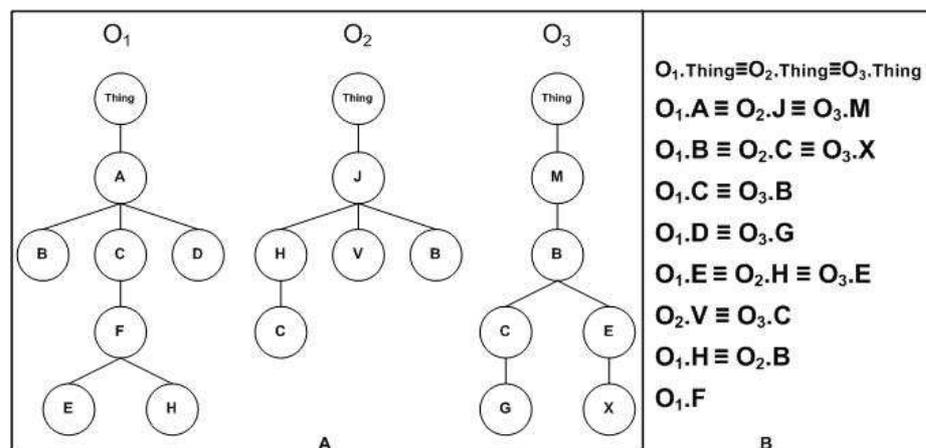


Figura 9 - (A) Conceitos das ontologias O_1 , O_2 e O_3 - (B) Alinhamentos de conceitos similares nas ontologias O_1 , O_2 e O_3

⁹ Utiliza-se alternadamente a sigla OC para *OntoClean*.

¹⁰ No caso de não existir uma prévia atribuição de metapropriedades *OntoClean* aos conceitos existentes nas O_i , o método assume que os conceitos possuem metapropriedades diferentes.

¹¹ Os alinhamentos são gerados por algum método de *matching* (seção 2.1) externo ao CAMIO.

Produz-se o vetor *ConceitosPorNível* (apresentado na Figura 10), que contém as listas de conceitos existentes em cada nível i ($d = 5$) de $\{O_1, O_2, O_3\}$.

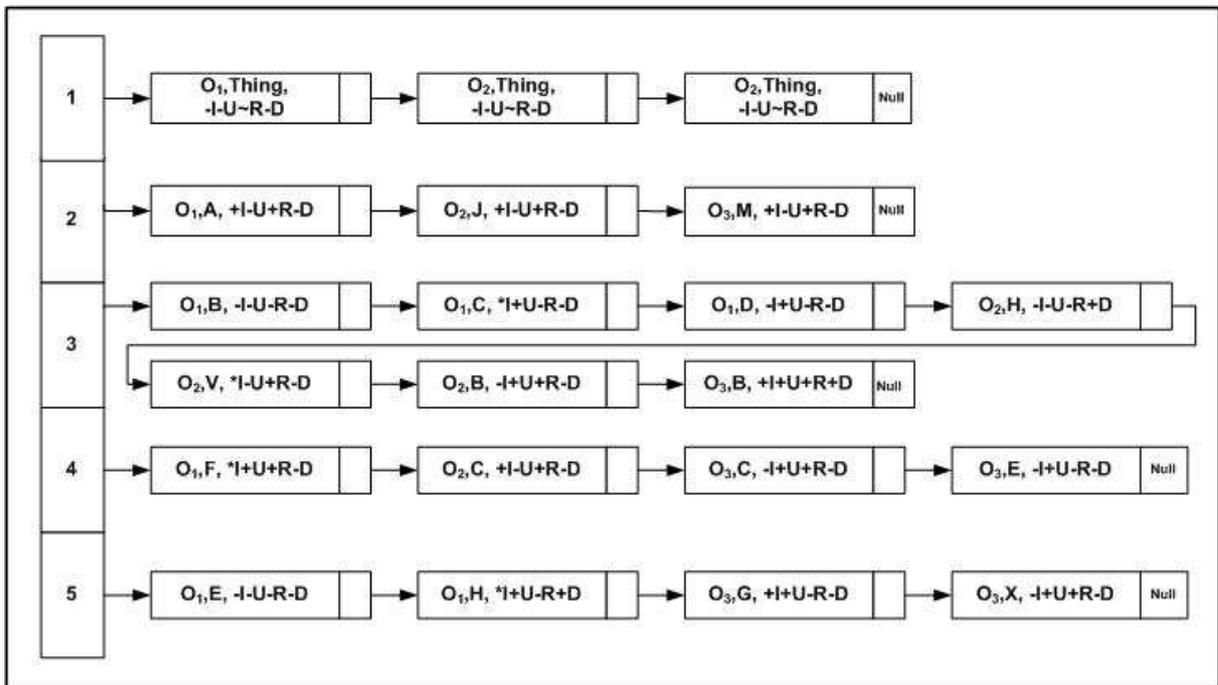


Figura 10 - Listas do vetor *ConceitosPorNível*

Para cada um dos conceitos da lista *ConceitosPorNível* obtém-se os seus conceitos similares (linha 10), os quais foram informados ao método através da lista A, e estes são comparados com relação às posições taxonômicas e com relação às metapropriedades *OntoClean*.

Uma síntese das comparações para este exemplo é apresentada na Tabela 2. A coluna Resultados apresenta quais foram os resultados das comparações realizadas entre as posições taxonômicas (representada pela sigla TX) e as metapropriedades *OntoClean* (representada pela sigla OC) dos conceitos similares (linhas 11, 13 ou 16). Os detalhes para realização das ações indicadas na Tabela 2 são descritos nas Seções 3.4 a 3.9.

Tabela 2 - Resultados do CAMIO por nível

Nível	Conceitos Similares	Resultados	Ações
1	O ₁ .Thing → nível 1 O ₂ .Thing → nível 1 O ₃ .Thing → nível 1	= TX e = OC	Conceito diretamente inserido em O _c : Atualize O _c com (O ₁ .Thing, -, -I-U~R-D)
2	O ₁ .A → nível 2 O ₂ .J → nível 2 O ₃ .M → nível 2	= TX e = OC	Conceito diretamente inserido em O _c : Atualize O _c com (O ₁ .A, O _c .Thing, +I-U+R-D)
3	O ₁ .B → nível 3 O ₂ .C → nível 4 O ₃ .X → nível 5	≠ TX	Processo de Negociação para TX e OC: ResultadoTX:={O ₂ .C, O _c .Thing} ResultadoOC:={-I-U~R +D} Atualize O _c com (ResultadoTX, ResultadoOC)

3	$O_1.C \rightarrow \text{nível 3}$ $O_3.B \rightarrow \text{nível 3}$	$\neq \text{TX e}$ $\neq \text{OC}$	Processo de Negociação para OC: $\text{ResultadoOC} := \{+I+U -R-D\}$ <i>Atualize O_c com $(O_1.B, O_c.A, \text{ResultadoOC})$</i>
3	$O_1.D \rightarrow \text{nível 3}$ $O_3.G \rightarrow \text{nível 5}$	$\neq \text{TX}$	Processo de Negociação para TX e OC: $\text{ResultadoTX} := \{O_3.G, O_c.C\}$ $\text{ResultadoOC} := \{+O+U \sim R +D\}$ <i>Atualize O_c com $(\text{ResultadoTX}, \text{ResultadoOC})$</i>
3	$O_2.H \rightarrow \text{nível 3}$ $O_1.E \rightarrow \text{nível 5}$ $O_3.E \rightarrow \text{nível 4}$	$\neq \text{TX}$	Processo de Negociação para TX e OC: $\text{ResultadoTX} := \{O_3.E, O_c.C\}$ $\text{ResultadoOC} := \{+O \sim U \sim R +D\}$ <i>Atualize O_c com $(\text{ResultadoTX}, \text{ResultadoOC})$</i>
3	$O_2.V \rightarrow \text{nível 3}$ $O_3.C \rightarrow \text{nível 4}$	$\neq \text{TX}$	Processo de Negociação para TX e OC: $\text{ResultadoTX} := \{O_2.V, O_c.B\}$ $\text{ResultadoOC} := \{+O+U \sim R +D\}$ <i>Atualize O_c com $(\text{ResultadoTX}, \text{ResultadoOC})$</i>
3	$O_2.B \rightarrow \text{nível 3}$ $O_1.H \rightarrow \text{nível 5}$	$\neq \text{TX}$	Processo de Negociação para TX e OC: $\text{ResultadoTX} := \{O_1.H, O_c.B\}$ $\text{ResultadoOC} := \{+I+U-R-D\}$ <i>Atualize O_c com $(\text{ResultadoTX}, \text{ResultadoOC})$</i>
4	$O_1.F \rightarrow \text{nível 4}$	$\neq \text{TX}$	Processo de Negociação para TX e OC: $\text{ResultadoTX} := \{O_1.F, O_c.Thing\}$ $\text{ResultadoOC} := \{+O+U+R-D\}$ <i>Atualize O_c com $(\text{ResultadoTX}, \text{ResultadoOC})$</i>
5	Vazio	-	Retorne O_c

A Figura 11 apresenta a ontologia consensual, O_c , que é o resultado da execução deste exemplo.

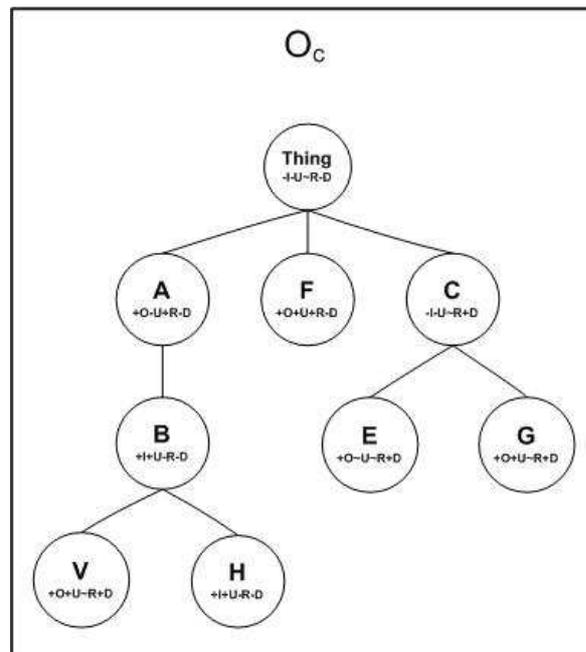


Figura 11 - Ontologia Consensual

3.4 ESTRUTURA DE ARGUMENTAÇÃO PARA O PROCESSO DE NEGOCIAÇÃO

O processo de negociação é baseado em uma estrutura de argumentação (representada por meio de uma ontologia), que é inspirada e adaptada da metodologia de argumentação IBIS - *Issue-Based Information System* (KUNZ; RITTEL, 1970), para selecionar os tipos de argumentos trocados e registrar o processo de discussão sobre cada uma das divergências encontradas, bem como as decisões tomadas pelo grupo para sua resolução.

Os principais elementos utilizados no processo de negociação proposto são apresentados na Figura 12 e estão descritos a seguir:

- **Questão:** elemento usado para introduzir um novo tópico de discussão de acordo com cada divergência detectada pelo método CAMIO. O *status* de uma questão indica se a mesma está em discussão ou acordada.
- **Ideia:** elemento usado para introduzir sugestões para resolução de uma questão. Durante as negociações os participantes sugerem argumentos para fortalecer ou enfraquecer as ideias.
- **Argumento:** elemento usado pelos participantes para expressar suas opiniões sobre as ideias apresentadas. Quando um argumento é favorável ele pode ajudar no fortalecimento da ideia, ou seja, levar os demais participantes a escolher a ideia que está ligada ao argumento favorável. Em oposição, quando o argumento é contrário ele pode levar ao enfraquecimento da ideia, ou seja, levar os participantes a não considerá-la como a melhor opção de solução à questão.
- **Grupo:** relaciona os grupos disponíveis. Todos os participantes devem estar ligados a um grupo, pois o processo de combinação das O_i de cada participante é feito por grupo, sendo que cada grupo irá produzir uma ontologia consensual O_c , que representa a especificação da conceitualização compartilhada pelo grupo.
- **Participante:** relaciona os participantes do processo de negociação.
- **Decisão:** elemento que representa a posição ou o voto de um participante com relação a uma votação, que por sua vez, refere-se a uma ideia proposta.
- **Votação:** refere-se à escolha de uma solução (ideia) para resolver a divergência negociada.

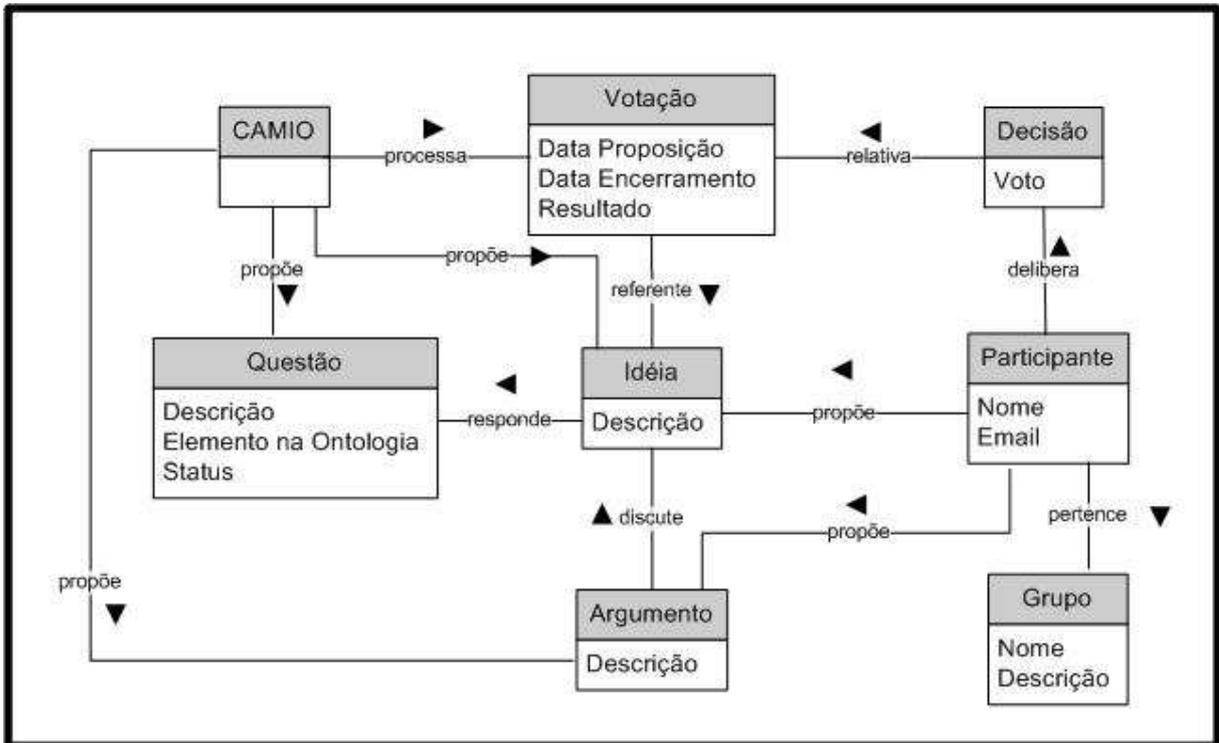


Figura 12 - Ontologia do Processo de Negociação

Todas as informações trocadas no processo de negociação são registradas, como forma de permitir o rastreamento de todas as decisões tomadas, auxiliando em possíveis consultas futuras.

O CAMIO realiza comparações para detectar as divergências resultantes do processo de combinação das O_i (Seção 3.2), e utiliza *templates* textuais para organizar e dirigir o processo de negociação para resolução destas divergências e para a proposição dos elementos de argumentação pertinentes.

Todos os *templates* utilizados pelo CAMIO foram elaborados com base na literatura da metodologia *OntoClean* (GUARINO e WELTY, 2000a, 2000b, 2002, 2004; GUARINO, 1999, 2009; WELTY e GUARINO, 2001) e posteriormente aprimorados de acordo com as informações e os resultados obtidos em cada um dos experimentos realizados (apresentados na Seção 4), assim como tomando por base as informações apresentadas no Anexo B.

Com o uso de *templates* busca-se utilizar a *OntoClean* de forma transparente ao usuário, procurando-se facilitar o entendimento dos princípios filosóficos de **identidade**, **unidade**, **essência** e **dependência** que correspondem às fundamentações necessárias para o uso das metapropriedades *OntoClean*, assim como facilitar o entendimento dos resultados das verificações das restrições impostas pela metodologia. Caso o participante considere que o

template proposto não é suficientemente compreensível, podem ser solicitadas sucessivas apresentações de novos *templates* que tratam do mesmo assunto.

Dessa forma, todo o processo de negociação é dirigido com o objetivo de possibilitar aos participantes um melhor entendimento das consequências lógicas de cada uma das divergências que estão em discussão; auxiliar na reflexão sobre os pressupostos feitos na representação do domínio; e garantir uma interpretação consistente aos elementos da ontologia.

3.5 CRIAÇÃO DE QUESTÕES SOBRE AS DIVERGÊNCIAS

O método CAMIO propicia o início das negociações através da proposição de questões. Cada questão introduz um novo tópico de discussão referente a uma divergência a ser discutida por todos os participantes no processo de negociação. As questões são elaboradas automaticamente com base nos *templates* textuais, de acordo com cada um dos tipos de divergências que são tratadas no CAMIO (apresentadas na Seção 3.2). A Tabela 3 apresenta exemplos de *templates* utilizados na proposição de questões.

Tabela 3 - Exemplos de *templates* para questões

Divergência	<i>Templates</i> para proposição de questões
Identidade	Existem divergências com relação à identificação dos indivíduos de <NomeConceito>.
Unidade	Existem divergências com relação à distinção das partes e limites dos indivíduos de <NomeConceito >.
Essencialidade	Existem divergências com relação à obrigatoriedade de um indivíduo ser <NomeConceito >, em todos os mundos possíveis.
Dependência	Existem divergências com relação às dependências externas para existência dos indivíduos do conceito <NomeConceito >.
Posição Taxonômica	Existem divergências com relação à posição taxonômica do conceito <NomeConceito >.

3.6 PROPOSIÇÃO DE IDEIAS PARA RESOLUÇÃO DE QUESTÕES

Ideias são sugestões para a resolução de uma questão (divergência que está sendo discutida). Durante as negociações, utilizando-se de *templates* o CAMIO apresenta ideias para resolver as questões apresentadas. Os participantes também podem propor ideias livremente.

As ideias são correlatas ao tipo de questão tratada. Por exemplo, se a questão trata de uma divergência de posição taxonômica, as ideias irão sugerir a colocação do conceito em

determinadas posições taxonômicas. Se a questão trata de divergências de metapropriedades *OntoClean*, as ideias fornecem sugestões de atribuições das metapropriedades *OntoClean*. Quando ocorrem violações das restrições entre metapropriedades *OntoClean*: nas ideias violadas são apresentados argumentos que demonstram as consequências de se inserir um conceito em determinada posição da hierarquia e de se atribuir determinadas metapropriedades aos conceitos envolvidos. A Tabela 4 apresenta exemplos de *templates* utilizados para a proposição de ideias.

Tabela 4 - Exemplos de *templates* para ideias

Divergência	<i>Templates</i> para proposição de ideias
Posição Taxonômica	Modelar <NomeSuperconceito> como subconceito de <NomeSubconceito>.
Metapropriedades OC - Identidade	Modelar <NomeConceito> como um conceito que possui critério de identificação próprio.
Metapropriedades OC - Unidade	Modelar <NomeConceito> como um conceito do qual é possível distinguir as partes e os limites do resto do mundo, por meio de uma relação unificadora que liga estas partes e nada mais.
Metapropriedades OC - Essencialidade	Modelar <NomeConceito> como um conceito que será sempre <NomeConceito> em todos os mundos possíveis.
Metapropriedades OC - Dependência	Modelar <NomeConceito> como um conceito que é dependente de outro conceito para existir.

3.7 ARGUMENTAÇÃO SOBRE AS IDEIAS PROPOSTAS

O CAMIO e os participantes podem fornecer argumentos para demonstrar sua posição (favorável ou contrária) sobre qualquer ideia proposta para resolver as questões encontradas entre as O_i . Os argumentos favoráveis reforçam uma ideia e os contrários enfraquecem uma ideia auxiliando os usuários na tomada de decisão.

O CAMIO realiza comparações entre as modelagens divergentes, e utiliza os *templates* para propor argumentações sobre as ideias que estão sendo discutidas. Um exemplo de argumentação para uma divergência de metapropriedade *OntoClean* de **identidade** é apresentado na Figura 13.

Estes argumentos podem tratar, por exemplo, das implicações da posição de um conceito na hierarquia, demonstrar os resultados das atribuições de determinadas metapropriedades escolhidas para o conceito, apresentar as consequências lógicas das metapropriedades herdadas por um superconceito. A Tabela 5 apresenta exemplos de *templates* de argumentações.

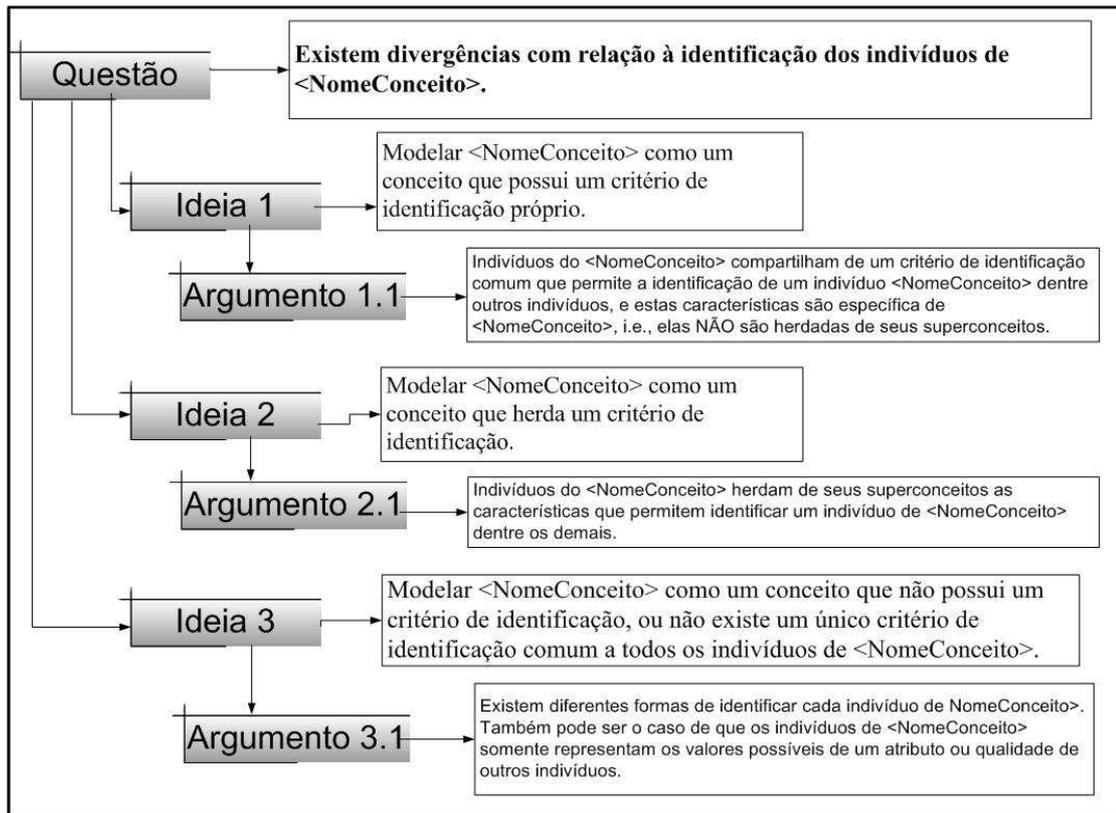


Figura 13- Exemplo de argumentação para uma divergência da metapropriedade *Identidade*

3.8 VOTAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÃO

O processo de votação é o mecanismo utilizado para contabilizar o resultado concreto das discussões, pois os participantes devem decidir qual é a melhor solução para cada divergência e esta escolha deve representar a opinião do maior número de participantes.

Os participantes demonstram sua posição sobre as ideias apresentadas pelo CAMIO e pelos demais participantes, escolhendo e votando na ideia que consideram como a melhor solução para resolver as questões sobre cada divergência encontrada.

O esquema de votação pode ser escolhido de acordo com as características dos participantes e do ambiente que está sendo utilizado (algumas opções de esquemas de votação encontram-se na Seção 2.3).

Tabela 5 - Exemplos de *templates* para argumentação

Divergência	<i>Templates para proposição de argumentos</i>
Identidade	É possível distinguir um <NomeConceito> de outro <NomeConceito> através de características próprias que são exclusivas de cada <NomeConceito>.
Não-Identidade	<NomeConceito> não possui critérios de identificação próprios, apenas representa possíveis valores de um atributo.
Unidade	Indivíduos de <NomeConceito> são contáveis, porque possuem limites claros que permitem definir o que faz e o que não faz parte de <NomeConceito>, e sob quais condições <NomeConceito> é considerado completo.
Antiunidade	<NomeConceito> não é enumerável, porque não se sabe exatamente o que faz parte e o que não faz parte de <NomeConceito>, por se tratar de algo disperso e espalhado, que pode ser confundido dentre outras <NomeConceito>.
Não-Unidade	Os indivíduos de <NomeConceito> são contáveis, porém existem diferentes formas para definir o que faz e o que não faz parte de cada <NomeConceito>, bem como para considerar cada <NomeConceito> completo.
Rigidez	Todo indivíduo que é <NomeConceito> será sempre <NomeConceito> em todos os mundos possíveis.
Antirrigidez	Todo indivíduo que é <NomeConceito> pode deixar de ser <NomeConceito>, de acordo com alguma condição ou ação.
Dependência	Para <NomeConceito> existir é necessário que possua um relacionamento com outra entidade externa.
Não-Dependência	<NomeConceito> não é externamente dependente de outra entidade.
Posição Taxonômica	Todo <NomeSubconceito> é um tipo de <NomeSuperconceito>.
Violação de Restrição na subsunção	De acordo com as características já atribuídas <NomeSubconceito> não pode ser subconceito de <NomeSuperconceito>. Porque <Template OC de argumentação de NomeSuperconceito>, e ao contrário <Template OC de argumentação de NomeSubconceito >. Possíveis soluções: i-) mudar características do subconceito <NomeSubconceito> ii-) mudar posição taxonômica do subconceito <NomeSubconceito> iii-) mudar características do superconceito <NomeSuperconceito>

3.9 INSERÇÃO DOS RESULTADOS NA O_c

A O_c é atualizada de duas formas, sempre que se encontram elementos representados de forma consensual nas O_i (*Atualize O_c com (C)*), ou de acordo com os resultados obtidos nos processos de negociação sobre divergências na posição taxonômica e/ou metapropriedades *OntoClean* (*Atualize O_c com ResultadoTX, ResultadoOC*).

No final do processo de negociação, a O_c é o resultado da combinação entre as $O_i .. O_n$, e representará a evolução das O_i , que será utilizada por todos os participantes, até que um novo processo de combinação aconteça novamente.

Assim, $O_c =$ combinação de $(O_i, .. , O_n)$ e ao final do processo uma nova iteração atribui $O_i \leftarrow O_c$, e O_i se torna o ponto de partida de novas atualizações. Então, cada usuário continua modificando sua O_i de forma particular, que sucessivamente passa por novos processos de combinação garantindo que a conceitualização é compartilhada por todos os participantes.

3.10 CONCLUSÕES

Nas abordagens em que a argumentação é utilizada como ferramenta para alcance do consenso, este processo geralmente é realizado utilizando-se argumentos formais, porém os conteúdos abordados nestes argumentos são informais porque são baseados apenas nas experiências dos participantes.

Diferentemente das demais abordagens, o método CAMIO desenvolvido visa apoiar o processo de argumentação para negociação de divergências no desenvolvimento colaborativo de ontologias utilizando-se de argumentos formais, fundamentados nos princípios da metodologia *OntoClean*. Utilizando-se o método CAMIO espera-se auxiliar os participantes na explicitação do significado pretendido aos modelos especificados, assim como auxiliar numa convergência mais rápida à solução que representa o entendimento da maioria dos participantes.

Para avaliação do método CAMIO realizou-se uma implementação computacional, seguida da sua aplicação em experimentos realizados com alunos da área da computação. A descrição dos experimentos e os resultados da aplicação do método são apresentados no próximo capítulo.

4 EXPERIMENTOS E AVALIAÇÕES

Foram realizados seis experimentos de desenvolvimento colaborativo de ontologias para a avaliação do método CAMIO, contando com um total de 120 participantes (não identificados). Estes experimentos foram divididos em duas fases: na primeira fase foi realizado um experimento para avaliar a compreensão dos *templates* do método proposto; na segunda fase foram realizados cinco experimentos para avaliar a eficácia do método proposto.

4.1 METODOLOGIA DO EXPERIMENTO DE AVALIAÇÃO DOS *TEMPLATES*

Este experimento foi chamado de Experimento Piloto sendo realizado especificamente para avaliar a compreensão dos *templates* do método CAMIO, isto é, se realmente facilitam o entendimento dos princípios filosóficos de **identidade**, **unidade**, **essência** e **dependência** que correspondem às fundamentações necessárias para a atribuição das metapropriedades *OntoClean*, buscando esconder a complexidade da metodologia.

Somente foram avaliados pontualmente os *templates* de argumentação, pois o cerne do processo de negociação se encontra na argumentação, que conseqüentemente concentra o maior número de *templates* do método, sendo que os demais *templates* (de questão e ideia) estão intrinsecamente ligados aos *templates* de argumentação. Se todos os *templates* do CAMIO fossem testados o processo seria muito repetitivo para os participantes, e dessa forma poderia prejudicar o objetivo da avaliação.

Os participantes deste experimento eram alunos de graduação do Curso de Ciência da Computação da Unicentro, sem experiência na área de ontologias. Participaram 27 alunos, sendo 18 alunos do 2º ano da graduação que possuíam conhecimento básico em modelagem conceitual, e nove alunos do 4º ano da graduação que possuíam conhecimento intermediário em modelagem conceitual. Estes participantes foram divididos em grupos de três membros totalizando nove grupos, sendo o experimento realizado no dia 7 de dezembro de 2011.

A percepção dos participantes foi avaliada de duas formas. A primeira forma refere-se a uma avaliação subjetiva, por meio de um questionário respondido com texto livre sobre alguns aspectos do experimento:

- Suficiência do treinamento;
- Entendimento do domínio escolhido;
- Compreensão dos *templates*;

- Críticas e sugestões gerais.

A segunda forma refere-se à avaliação dos *templates*, a qual foi inserida nos processos de negociação, na qual cada grupo deveria resolver um conjunto de divergências apresentadas. Todo o processo foi realizado manualmente, sem a utilização de um protótipo de sistema.

Cada grupo recebeu um conjunto de documentos em papel contendo:

- Uma breve introdução a ontologias e à Metodologia *OntoClean*;
- Um conjunto de ontologias individuais O_i , sendo $O_i = \{O_1, O_2, O_3\}$ com divergências, i.e. $O_1 \neq O_2 \neq O_3$ (O_1 ¹² é apresentada na Figura 14, as demais O_i são apresentadas no Apêndice B). Estas ontologias foram adaptadas da ontologia usada nos exemplos de Guarino e Welty (2004), apresentada na Figura 15;
- Uma descrição do domínio da ontologia que deveria representar o consenso dos participantes (quanto às divergências existentes), denominada de ontologia consensual, O_c , e de seus conceitos;
- Um conjunto de formulários a ser respondido, contendo em cada formulário:
 - A questão para discussão (relativa a cada divergência existente entre os conceitos das O_i);
 - As ideias para resolução desta questão,
 - Os argumentos sobre as ideias, acompanhados da escala de *Likert* (CUNHA, 2007), para avaliação da compreensão de cada *template* (instanciado).

Para assegurar que os participantes compreendessem o significado pretendido dos elementos da O_c , realizou-se um debate sobre o seu objetivo, escopo e o significado dos elementos representados no domínio. Também foi realizado um treinamento básico de introdução ao desenvolvimento de ontologias, à metodologia *OntoClean* e ao método utilizado.

Após o treinamento inicial e com os documentos em mãos, cada grupo, reunido no mesmo local, discutiu sobre as questões durante aproximadamente quatro horas. Os participantes foram convidados a apresentar um documento com os comentários do grupo

¹² Os conceitos com divergências nas O_i estão em cinza para facilitar a visualização, o diagrama entregue aos participantes não apresentava os estereótipos com as atribuições das metapropriedades *OntoClean*.

sobre os argumentos por eles utilizados para se chegar às conclusões, assim como os resultados das votações (ou seja, a ideia vencedora) e as discussões sobre cada um dos *templates* instanciados.

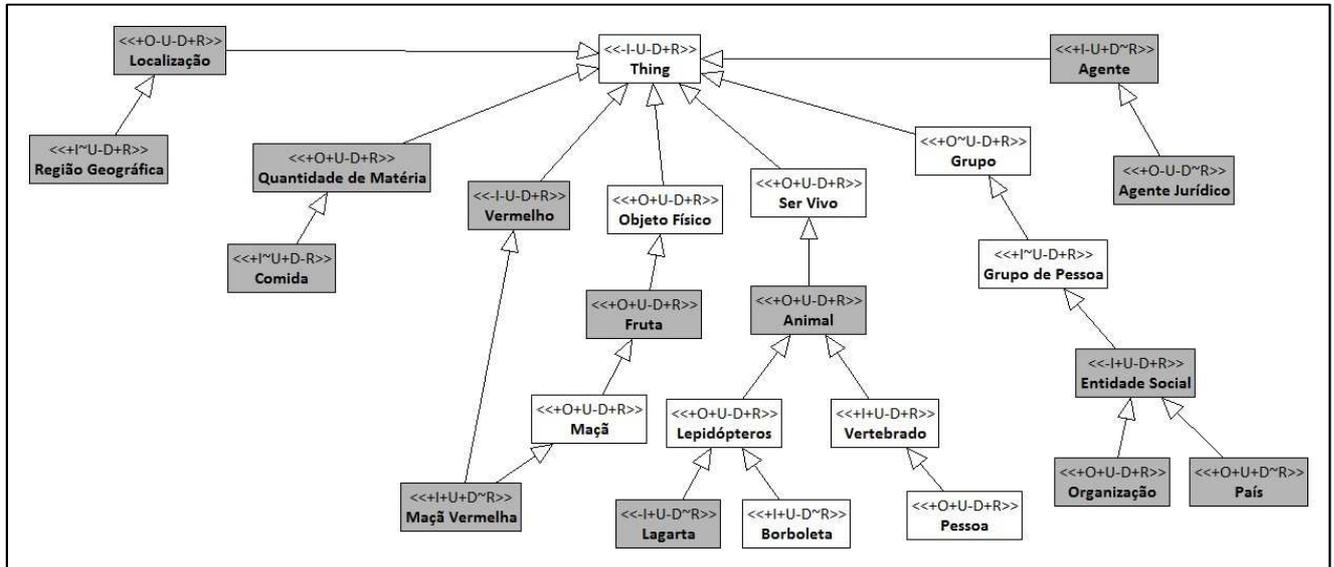


Figura 14 - Ontologia individual usuário1 – O₁

No decorrer deste processo, os participantes avaliaram pontualmente cada um dos templates de argumentação instanciados, através da atribuição de valores relativos à compreensão de cada template, utilizando-se uma escala de Likert com valores que variavam de -2 (indicando nenhum entendimento) até +2 (indicando total entendimento).

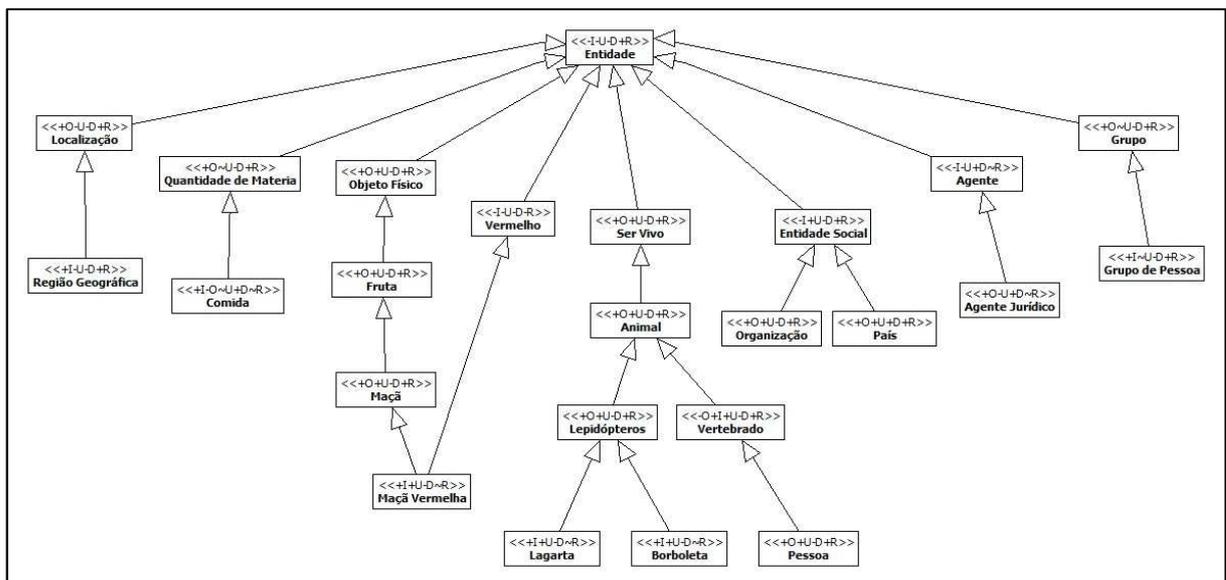


Figura 15 - Ontologia Padrão Ouro - Adaptada de Guarino e Welty (2004)

4.2 RESULTADOS DO EXPERIMENTO DE AVALIAÇÃO DOS *TEMPLATES*

Com relação à avaliação subjetiva do CAMIO, 19 dos 27 participantes (70,37%) fizeram uma avaliação positiva, relatando que o método era fácil de ser compreendido, que os *templates* auxiliaram na tomada de decisão e ressaltaram que à medida que respondiam mais questões, o entendimento do método aumentava.

Um ponto negativo levantado refere-se ao entendimento do domínio, pois 22 dos 27 participantes (81,48%) afirmou que o domínio era difícil de entender, por apresentar conceitos variados, que não possuíam uma correlação direta entre si.

Com relação à avaliação dos *templates* os resultados obtidos indicaram que o entendimento dos *templates* de argumentos foi satisfatório, pois a maioria dos participantes manifestou um entendimento próximo do total, sendo que 63,63% dos *templates* foram avaliados com grau +2, e, 18,18% com grau +1, totalizando 81,81% (somando-se as respostas +2 e +1). A Tabela 6 apresenta os resultados gerais obtidos.

Tabela 6 – Números absolutos e percentuais de compreensão dos *templates* de argumentos (-2 nenhum entendimento, +2 total entendimento)

Grau de compreensão dos <i>templates</i> de argumentos	-2	-1	0	+1	+2
Número de <i>templates</i>	3	4	3	10	35
Percentuais	5,45%	7,27%	5,45%	18,18%	63,63%

Os resultados da compreensão dos *templates* de acordo com as metapropriedades *OntoClean* que estes representavam são apresentados na Tabela 7. Pode-se observar que os *templates* de **dependência** e **essencialidade** receberam avaliações mais favoráveis, i.e. obtiveram mais atribuições de graus +2 e +1, resultando nos percentuais de 90% e 86% respectivamente.

Também foram verificados os resultados das atribuições de metapropriedades comparando-as com a ontologia de Guarino e Welty (2004), considerada como a ontologia padrão ouro, *O_g*, deste experimento (apresentada na Figura 15), para se conhecer qual o percentual obtido de atribuições corretas. Os resultados encontram-se no Gráfico 1.

Tabela 7 - Números absolutos e percentuais de compreensão dos *templates* de argumentos por metapropriedades *OntoClean*

Grau atribuído à compreensão dos <i>templates</i>	+2	+1	0	-1	-2
	Número de <i>templates</i> / Porcentual				
Identidade	7 de 15 / 47%	3 de 15 / 20%	1 de 15 / 7%	2 de 15 / 13%	2 de 15 / 13%
Unidade	9 de 15 / 60%	2 de 15 / 13%	1 de 15 / 7%	2 de 15 / 13%	1 de 15 / 7%
Essencialidade	12 de 15 / 79%	1 de 15 / 7%	0 de 15 / 0%	1 de 15 / 7%	1 de 15 / 7%
Dependência	8 de 10 / 80%	1 de 10 / 10%	0 de 10 / 0%	0 de 10 / 0%	1 de 10 / 10%

A metapropriedade **dependência** foi a que obteve o maior percentual de atribuições corretas (70%) e a melhor avaliação com relação à compreensão dos *templates* (90%).

A metapropriedade **essencialidade**, cujos *templates* obtiveram a 2ª melhor avaliação quanto ao grau de compreensão (86%), obteve apenas a 3ª colocação com relação a ser corretamente atribuída (46,67%). Assim, pode-se perceber um ponto conflitante nestes resultados. Em conta disto, os *templates* de **essencialidade** foram remodelados para tentar deixá-los mais claros e compreensíveis.

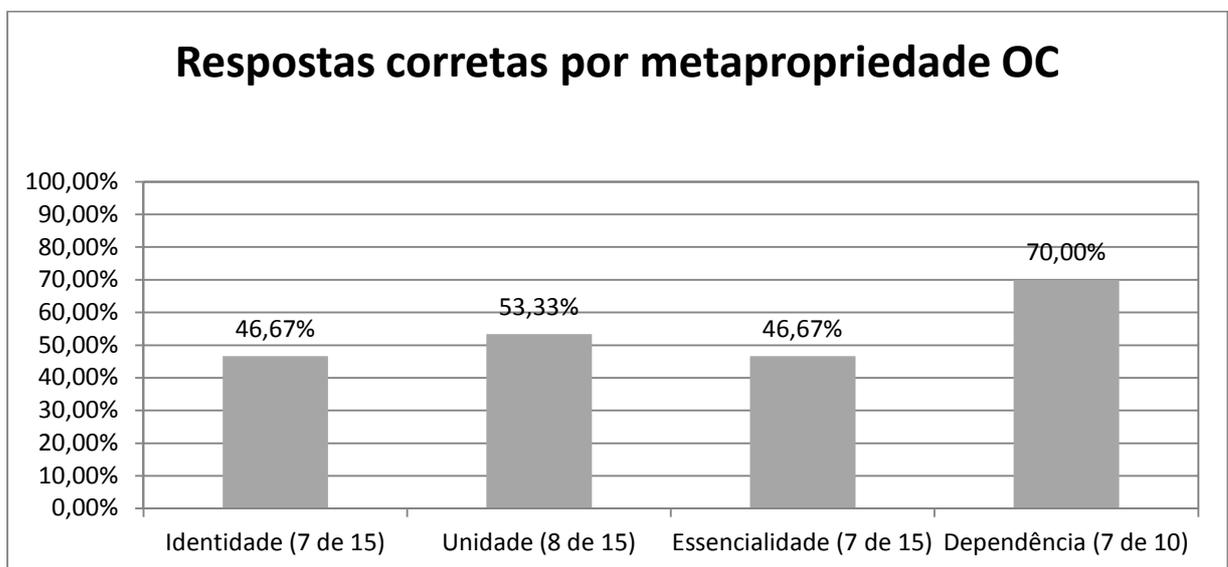


Gráfico 1 – Porcentual de atribuições corretas por metapropriedades

Os *templates* de **identidade** e **unidade** também foram revistos, assim como foram criados novos *templates*, tendo em vista os resultados obtidos, que levaram a percepção de que alguns aspectos destes dois princípios se adaptam melhor de acordo com o domínio em

questão. Por exemplo, *templates* que se ajustam para os princípios de **identidade** e **unidade** de seres-vivos não são igualmente bons para utensílios domésticos. Os novos *templates* foram criados levando-se em conta os aspectos mais genéricos dos princípios filosóficos das metapropriedades. Assim, o 2º experimento foi realizado com um conjunto atualizado de *templates*.

Ainda com relação à atribuição de metapropriedades *OntoClean*, os resultados ressaltaram a importância do conhecimento do domínio, pois os conceitos que eram mais compreensíveis pelos participantes, obtiveram um maior número de atribuições corretas de metapropriedades. Alguns exemplos que atingiram 100% de respostas corretas pelo 4º ano foram: a atribuição de **identidade herdada** à *lagarta*, atribuição de **unidade** à *fruta*, atribuição de **antirrigidez** à *comida* e atribuição de **dependência** à *agente jurídico*.

4.3 PROTÓTIPOS DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CAMIO

Para apoiar a execução do método CAMIO, foram desenvolvidos dois protótipos de sistemas *open-source*, que implementam o método proposto, levando em conta algumas características de sistemas de desenvolvimento colaborativo, fundamentais para a realização de um processo de negociação, tais como:

- Execução em ambiente distribuído;
- Mecanismos de suporte às negociações para resolução das divergências e restrições de subsunção;
- Mecanismos de votações para as decisões,
- Rastreabilidade dos resultados obtidos: histórico das divergências discutidas, das argumentações propostas e dos resultados obtidos.

O primeiro protótipo possuía uma interface de fórum-web, que não se mostrou adequada para aplicação do método, porque não possuía as funcionalidades necessárias para coordenar os processos de negociação, por não dispor de uma organização que facilitasse o entendimento do processo. Nesta interface, as questões ficavam misturadas, não sendo organizadas por conceitos, dificultando o fluxo da argumentação. Após algum tempo de uso, à medida que as negociações evoluíam para os níveis mais específicos da árvore taxonômica das ontologias individuais, ficava difícil enxergar o contexto da discussão e das ideias em

votação, pois estes ficavam dispostos como registros em uma “tabela de tópicos”. Por este motivo este protótipo foi utilizado somente no 2º Experimento.

Então foi desenvolvido um novo protótipo, chamado *CollArg* (*Collaborative Argumentation System*), que foi utilizado do 3º ao 6º Experimentos, com uma nova interface, semelhante a um Diagrama de Classes em UML, seguindo o *Profile ODM* (*Ontology Definition Metamodel* - Metamodelo para Definição de Ontologias) da OMG (*Object Management Group*).

O *CollArg* segue a especificação de desenvolvimento J2EE, servidor de aplicação *Glassfish*, interface de acesso via *Web browser* implementada usando JSF. A persistência é feita com *Java Persistence API*, utilizando o gerenciador de banco de dados *MySQL*. A ontologia de argumentação usada para a representação de questões, ideias e argumentos, que é a base para os processos de combinação, discussão, votação e validação das restrições entre metapropriedades *OntoClean*, foi implementada usando-se *JavaBeans* (*Entity Beans*). A leitura e gravação de arquivos são realizadas com a biblioteca *OpenJena*.

O *CollArg* fornece mecanismos para realizar a combinação das ontologias individuais O_i , detectar e apresentar as divergências entre as O_i , utilizar um conjunto de regras para verificar se existem violações das restrições impostas pelas metapropriedades *OntoClean*, elaborar o processo de negociação para resolução das divergências e violações encontradas utilizando os *templates* propostos no CAMIO, e efetuar a inserção dos resultados obtidos na ontologia colaborativa O_c .

As negociações são realizadas através de um diagrama conceitual visual (Figura 16), no qual estão representados os elementos consensuais da O_c e os elementos que apresentam divergências nas O_i , as quais são negociadas conforme a proposta do CAMIO. As visões deste diagrama estão de acordo com a notação visual proposta pela ODM.

Neste diagrama todas as negociações sobre as divergências de um determinado conceito estão agrupadas em um tópico de negociações do conceito, que se encontra posicionado na hierarquia de conceitos. Esta hierarquia vai sendo discutida nível a nível pelos participantes, à medida que o método realiza a combinação dos conceitos das ontologias individuais, então são apresentadas as divergências encontradas e à medida que as negociações vão evoluindo os resultados obtidos são incluídos na O_c de cada grupo, sendo possível posteriormente iniciar uma nova discussão sobre qualquer resultado prévio incluído na O_c .

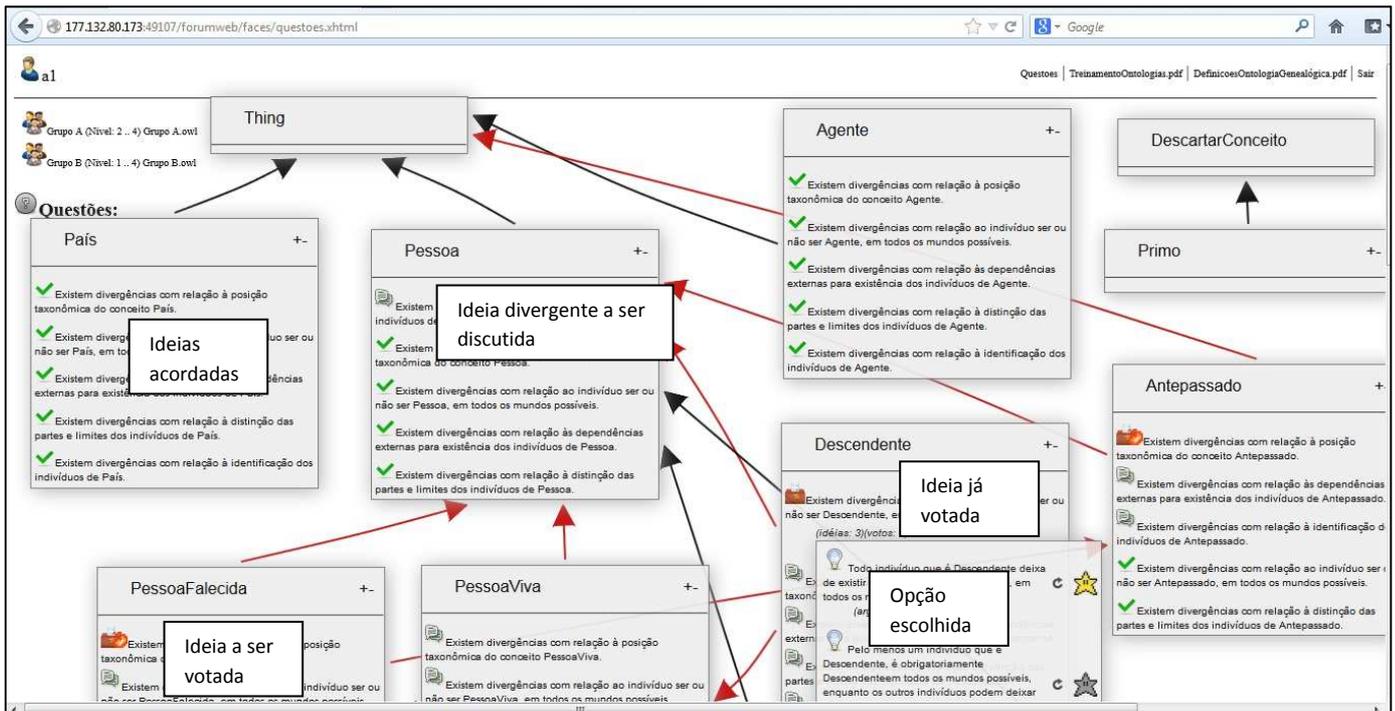


Figura 16 - Tela de execução do CollArg

Todos os conceitos estão interligados, sendo que os conceitos que apresentam divergências de posição taxonômica são ligados com setas em vermelho para evidenciar o fato. À medida que as negociações evoluem, os ícones do diagrama são atualizados, conforme as descrições apresentadas na Figura 16. Outras telas do protótipo CollArg são apresentadas no Apêndice A.

Nesta implementação particular do CollArg, optou-se pela utilização do esquema de votação com o mecanismo de pluralidade (VIDAL, 06; SHOHAM; LEYTON-BROWN, 09), no qual cada participante vota uma única vez na sua opção favorita. Os votos são contados e a opção com maior número de votos é escolhida como a solução vencedora.

Em caso de empate uma nova rodada de negociações é feita, porém somente as opções mais votadas (que ocasionaram o empate) são disponibilizadas para votação.

4.4 METODOLOGIA DO 2º AO 5º EXPERIMENTOS

O objetivo principal do 2º ao 5º Experimentos foi avaliar a eficácia do método CAMIO quanto à redução da distância conceitual entre modelos, ou seja, verificar se com a realização de um processo de negociação para resolução de divergências, embasado em justificativas provindas da metodologia *OntoClean*, são produzidas ontologias (modelo especificado) mais próximas da sua conceitualização (modelo pretendido).

Nestes experimentos todos os processos de combinação das ontologias individuais, O_i , detecção de divergências, negociação para resolução de divergências e especificação da ontologia consensual, O_c , foram realizados utilizando-se os protótipos dos sistemas (apresentados na Seção 4.3).

Cada grupo do experimento produziu uma ontologia consensual, O_c , que representou os resultados obtidos nos processos de negociação entre os participantes deste grupo, para a combinação dos elementos divergentes das ontologias individuais, O_i .

A avaliação da eficácia do método CAMIO foi feita com base em medições feitas nos elementos das O_c de cada grupo. Estas medições utilizaram adaptações das medidas de *precisão e cobertura* (GANGEMI et al., 2006), e, foram feitas sobre os elementos das O_c em comparação com os elementos da ontologia padrão ouro, O_g , que nestes experimentos corresponde a ontologia da árvore genealógica de Guizzardi (2005) apresentada na Figura 17.

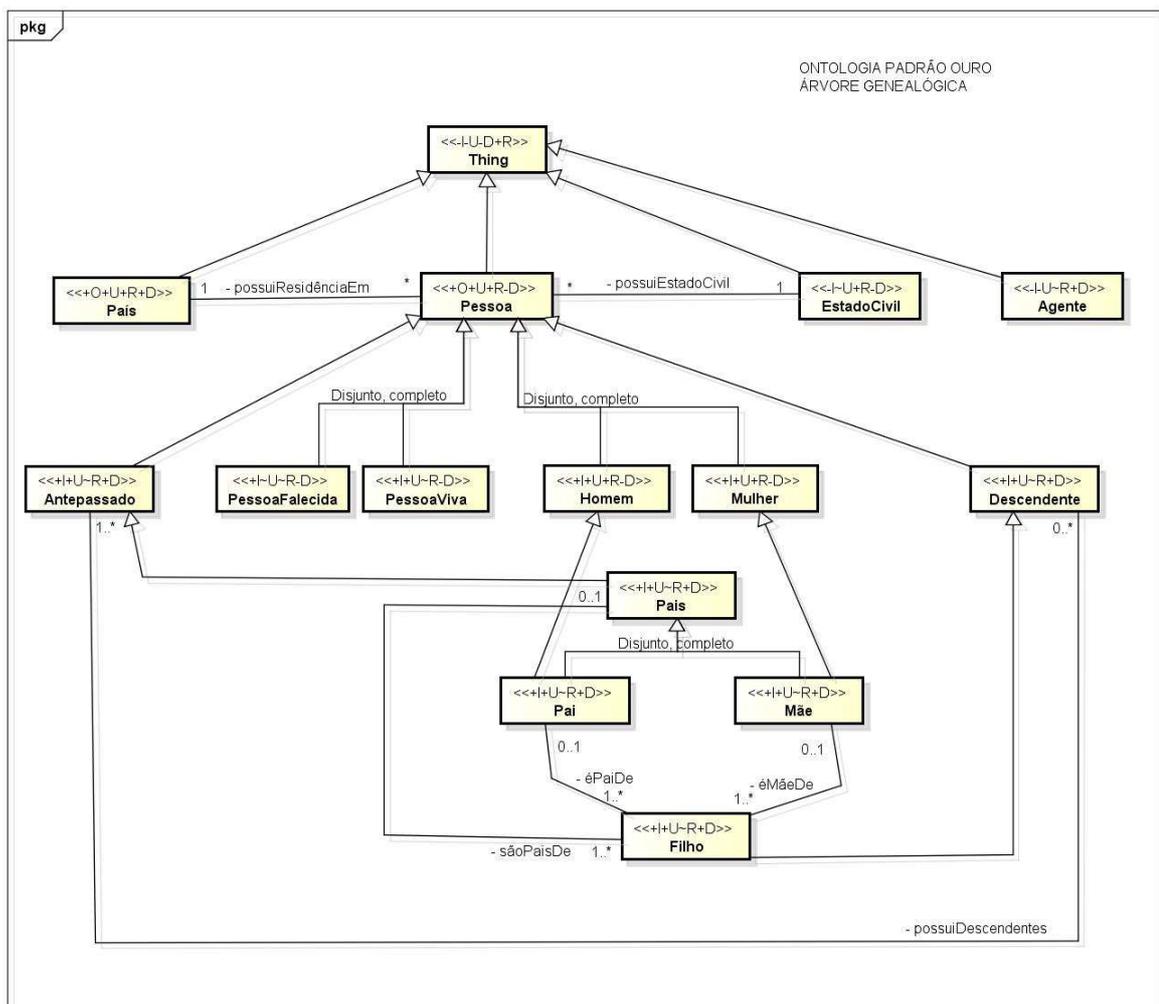


Figura 17 - Ontologia Padrão Ouro - Árvore Genealógica - Adaptada de Guizzardi (2005)

A medida *precisão* calcula a exatidão da ontologia O_c , avaliando a inexistência de elementos não pretendidos. A medida *cobertura* avalia a inclusão de todos os elementos pretendidos na ontologia O_c . A equação (7) apresenta a fórmula padrão usada para o cálculo da medida de *precisão* e a equação (8) da medida de *cobertura*. Os indicadores padrão usados nestas medidas são descritos a seguir:

- TP (*True Positive* – Verdadeiro Positivo): corresponde ao número de elementos que existem em O_c e que estão presentes em O_g ;
- FP (*False Positive* – Falso Positivo): corresponde ao número de elementos que existem em O_c e que não estão presentes em O_g ,
- FN (*False Negative* – Falso Negativo): corresponde ao número de elementos que estão presentes em O_g , mas não existem em O_c .

Equação 7 – Fórmula para o cálculo da *precisão*

$$Precisão = \frac{TP}{TP + FP}$$

Os indicadores destas medidas foram adaptados ao contexto do método proposto, com o objetivo de realizar a medição da aproximação entre os modelos pretendidos e os especificados com o uso da *OntoClean*.

Equação 8 – Fórmula para o cálculo da *cobertura*

$$Cobertura = \frac{TP}{TP + FN}$$

Foram realizados dois tipos de medições: o primeiro refere-se à medição de posição taxonômica dos conceitos em O_c , utilizando-se as medidas de *precisão* e *cobertura*. Os valores dos indicadores destas medidas foram calculados com relação à posição taxonômica dos conceitos em O_c comparados com a posição taxonômica dos conceitos em O_g , conforme apresentado a seguir:

- TP-TX: corresponde ao número de conceitos existentes em O_c e O_g , que se encontram em posições taxonômicas corretas na O_c em comparação com as posições taxonômicas ocupadas em O_g ;

- FP-TX: corresponde ao número de conceitos existentes em O_c e O_g , que se encontram em posições taxonômicas incorretas na O_c em comparação com as posições taxonômicas ocupadas em O_g , somados ao número de conceitos que existem em O_c e não existem em O_g ,
- FN-TX: corresponde ao número de conceitos que não existem em O_c e existem em O_g .

O segundo tipo refere-se à medição das metapropriedades *OntoClean*. Como se considera que a conceitualização é expressa tanto pela posição taxonômica ocupada pelo conceito quanto pelas metapropriedades a ele atribuídas, a medição de metapropriedades *OntoClean* é realizada somente nos conceitos que são TP-TX.

Utilizou-se apenas a medida de *precisão* (relativa à precisão das metapropriedades atribuídas). A medida de *cobertura* não foi utilizada para metapropriedades, porque todos os conceitos da O_c (no caso das metapropriedades, trata-se especificamente dos TP-TX), obrigatoriamente recebem a atribuição de todas as metapropriedades *OntoClean* pelos participantes, na execução do CAMIO.

Os indicadores utilizados para a medição das metapropriedades são:

- TP-OC: corresponde ao número de metapropriedades *OntoClean* atribuídas corretamente aos TP-TX de acordo com as metapropriedades destes em O_g ,
- FP-OC: corresponde ao número de metapropriedades *OntoClean* atribuídas incorretamente aos TP-TX de acordo com as metapropriedades destes em O_g .

Para cada participante foi atribuída uma ontologia obtida de um conjunto de ontologias individuais O_i , sendo $O_i = \{O_1, O_2, O_3\}$ com divergências, i.e. $O_1 \neq O_2 \neq O_3$ (O_1 ¹³ é apresentada na Figura 18, as demais O_i são apresentadas no Apêndice B). As versões das O_i utilizadas foram adaptações da ontologia da árvore genealógica de Guizzardi (2005) apresentada na Figura 17.

Os documentos utilizados nestes experimentos foram disponibilizados diretamente no protótipo do sistema, tais como:

- Uma introdução a ontologias e à metodologia *OntoClean*;
- Para cada participante do grupo, foi atribuída uma O_i , representada em um diagrama de classes;
- A descrição da O_c e de seus elementos,
- Um conjunto de questões de competência que a O_c deve responder.

¹³ Os conceitos com divergências nas O_i estão coloridos para facilitar a visualização, o diagrama entregue aos participantes não apresentava os estereótipos com as atribuições das metapropriedades *OntoClean*.

Assim como no 1º Experimento, nestes também se realizou um debate para assegurar que os participantes compreendessem o significado pretendido aos elementos da O_c . Neste treinamento foram abordados o objetivo, o escopo, a conceitualização dos elementos do domínio da O_c , assim como as questões de competência que a O_c deve responder. Também foi realizado um treinamento básico de introdução ao desenvolvimento de ontologias, à *OntoClean*, ao método CAMIO e uma demonstração de uso do protótipo em um domínio diferente do abordado no experimento.

Após o treinamento inicial, todos os participantes estavam reunidos no mesmo local, e cada participante utilizou (via *Web browser*) individualmente o protótipo do sistema para realizar a combinação das O_i com o objetivo de, em conjunto, produzir uma ontologia consensual, O_c , para cada grupo. Os participantes podiam argumentar sobre todas as ideias discutidas, anotando os argumentos em um campo específico do protótipo, relacionado à ideia discutida, sendo que estes argumentos também ficavam disponíveis para os demais participantes do grupo. Quaisquer outras observações que os participantes considerassem importantes eram relatadas separadamente em papel. A duração média dos experimentos foi de 4 horas.

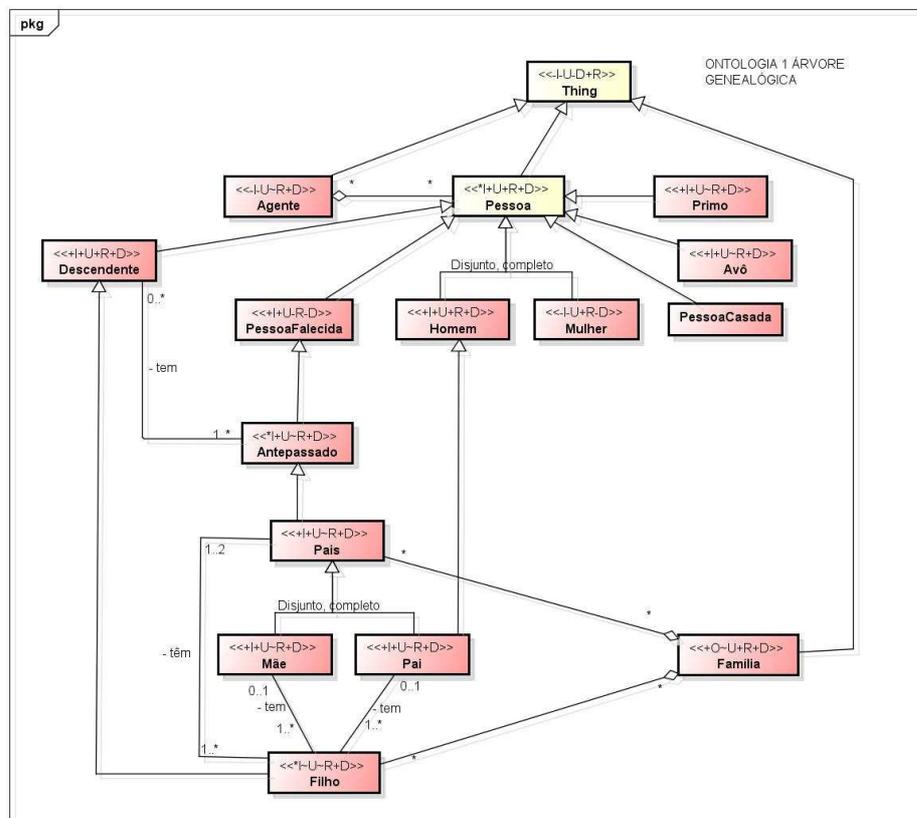


Figura 18 - Ontologia individual usuário 1 – O_1

Nestes experimentos também foram realizadas avaliações subjetivas, respondidas através de formulários em papel, nas quais os participantes manifestavam sua opinião quanto ao:

- Grau de conhecimento em modelagem conceitual;
- Grau de conhecimento em ontologias;
- Grau de compreensão dos *templates* do CAMIO, seguido de um campo livre para observações;
- Grau de compreensão do domínio genealógico;
- Grau atribuído à facilidade de uso (usabilidade) do sistema;
- Motivo principal que levou à exclusão da maioria dos conceitos,
- Campo livre para críticas e sugestões gerais.

Essa avaliação era respondida pelos participantes após a finalização do processo de negociação nos experimentos.

4.5 RESULTADOS DO 2º AO 5º EXPERIMENTO

Nesta seção apresenta-se um compilado dos resultados obtidos do 2º ao 5º experimentos, pois estes foram realizados utilizando-se a mesma metodologia, o mesmo domínio (com as mesmas ontologias O_i), e os protótipos de sistemas que implementaram o método CAMIO, sendo que no 2º Experimento foi utilizado o primeiro protótipo desenvolvido, e nos demais o segundo protótipo desenvolvido, denominado *CollArg*.

Conforme apresentado na Tabela 8, a maioria dos participantes possuía um conhecimento básico em modelagem conceitual, adquirido nas disciplinas cursadas de Engenharia de Software (modelagem UML) e Banco de Dados (modelagem ER).

Como o tempo de realização dos experimentos é relativamente curto (para uma atividade de modelagem), os treinamentos ministrados somente incluíam noções básicas de ontologias e *OntoClean*, assim os participantes realizavam a modelagem da O_c sem ter um conhecimento mais aprofundado, sendo principalmente guiados pelos *templates* do método proposto.

Uma observação a ser feita, é que alguns alunos que participaram do 4º Experimento já haviam participado do 2º Experimento para validação do Método CAMIO, porém em uma fase anterior da pesquisa, utilizando o primeiro protótipo do método, com interface de fórum de discussões e utilizando outro conjunto de variações de O_i .

Tabela 8 - Principais características dos participantes do 2º ao 5º experimentos

	População / Data	Grupos	Participantes por Grupo	Participantes por Série	Conhecimento em Modelagem Conceitual	Conhecimento em Ontologias
2º Exp	Alunos do Curso de Graduação em Ciência da Computação da Unicentro / 28,29-março-2012	11	3	12 alunos - 2º ano	Sem conhecimento	Sem conhecimento
				12 alunos - 3º ano	Básico	Sem conhecimento
				09 alunos - 4º ano	Intermediário	Sem conhecimento
				Total: 33 alunos	-	-
3º Exp	Alunos do Grupo PET do Curso de Graduação em Engenharia da Computação da UTFPR / 22-agosto-2012	2	3	06 alunos - 3º ano	Básico	Básico
4º Exp	Alunos do Curso de Graduação em Ciência da Computação da Unicentro / 02,03-outubro-2012	8	3	24 alunos - 2º ano	Básico	Sem conhecimento
5º Exp A	Alunos do Curso de Graduação em Ciência da Computação da Unicentro / 29,31-outubro-2012	3	3	09 alunos - 1º ano	Sem conhecimento	Sem conhecimento
5º Exp B	Alunos do Curso de Graduação em Ciência da Computação da Unicentro / 29,31-outubro-2012	4	3	12 alunos - 1º ano	Sem conhecimento	Sem conhecimento

As principais características do 2º ao 5º Experimentos e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 9. A avaliação geral dos experimentos apresentou resultados favoráveis, observando-se que o resultado¹⁴ da *precisão* obtida nas O_c , tanto para posição taxonômica quanto para metapropriedades *OntoClean*, sempre ficou acima de 64% em cada experimento realizado. A média geral dos resultados de todos os experimentos, com relação à atribuição correta de posição taxonômica foi de 82% e de metapropriedades *OntoClean* foi de 71% – corroborando com a dificuldade de aplicação da *OntoClean*, relatada em vários trabalhos como (VÖLKER et al., 08; GUARINO; WELTY, 2002).

Alguns experimentos contaram com características mais específicas. Por exemplo, no 4º Experimento foram adicionados sete elementos falso-positivos (FP-TX) nas O_i , ou seja, elementos que não faziam parte do conjunto de questões de competências, para verificar se os participantes os eliminavam/incluía na O_c . Assim o número de questões trabalhadas pelos participantes foi superior a todos os experimentos anteriores, sendo observado que os

¹⁴ O resultado corresponde à média obtida entre os resultados das O_c produzidas por todos os grupos participantes em cada experimento.

participantes ficaram bastante cansados e precisaram de mais duas horas extras para finalizar o experimento.

Tabela 9 - Principais características do 2º ao 5º experimentos e resultados obtidos

	Protótipo Utilizado	Número de conceitos X Conceitos divergentes - Porcentual de divergência	Precisão taxonômica inicial (combinação das O _i)	Resultado da precisão taxonômica das O _c (média dos grupos)	Desvio padrão	Número de metapropriedades X Metapropriedades divergentes - Porcentual de divergência	Precisão das metapropriedades OC iniciais (combinação das O _i)	Resultado da precisão das metapropriedades OC das O _c (média dos grupos)	Desvio padrão
2º Exp	Fórum de discussões	14 conceitos, 13 divergentes (93% de divergência).	7%	94%	9%	56 metapropriedades, 23 divergentes (40% de divergência).	60%	87%	2,5%
3º Exp	<i>CollArg</i>	14 conceitos, 13 divergentes (93% de divergência).	7%	79%	21,5%	56 metapropriedades, 52 divergentes (93% de divergência).	7%	70%	4%
4º Exp	<i>CollArg</i>	20 conceitos, 19 divergentes (destes 7 FP), (95% de divergência).	5%	66%	12%	80 metapropriedades, 76 divergentes (95% de divergência).	5%	64%	9,5%
5º Exp A	<i>CollArg</i>	16 conceitos, 12 divergentes (destes 3 FP) (75% de divergência).	25%	88%	5%	64 metapropriedades, 40 divergentes (62% de divergência).	38%	72%	9%
5º Exp B	<i>CollArg</i>	16 conceitos, 12 divergentes (destes 3 FP) (75% de divergência).	25%	84%	15%	64 metapropriedades, 40 divergentes (62% de divergência).	38%	64%	5,5%
Média de todos os experimentos		16 conceitos, 14 divergentes (86% de divergência).	14%	82%	9,5%	64 metapropriedades, 46 divergentes (70% de divergência).	29%	71%	8,5%

No 5º Experimento, os participantes, alunos do 1º ano do curso de graduação em Ciência da Computação, não possuíam conhecimento em modelagem conceitual, pois ainda não haviam cursado nenhuma disciplina da área e também não tinham conhecimento em ontologias. Por estas características e pela experiência obtida no 4º Experimento (que extrapolou o tempo de realização estipulado), para possibilitar condições de que o 5º Experimento fosse desenvolvido dentro do tempo estipulado, optou-se por realizá-lo com um número reduzido de divergências a serem tratadas.

Ainda assim, somente dois grupos conseguiram finalizar o processo de negociação durante o tempo estipulado para o experimento. Então foi disponibilizado um endereço na

Web para acesso do protótipo pelos participantes, e estes foram convidados a finalizar a elaboração da ontologia consensual em horários extraclasse. Apenas um grupo finalizou o processo de negociação dessa forma, e os demais nem sequer acessaram o sistema. Dessa forma, apenas três grupos conseguiram finalizar completamente o experimento. Por este motivo, foram realizados dois tipos de avaliações no 5º Experimento: uma para os três grupos que finalizaram o experimento (denominados 5º Experimento A), levando em conta todos os dados para produção dos resultados, e outra para os demais quatro grupos (denominados 5º Experimento B), usando os resultados parciais de cada grupo, levando em conta somente os elementos que foram negociados por completo e que alcançaram o consenso no grupo.

No Gráfico 2 são apresentados os percentuais de atribuições corretas por metapropriedades do 2º ao 5º Experimentos.

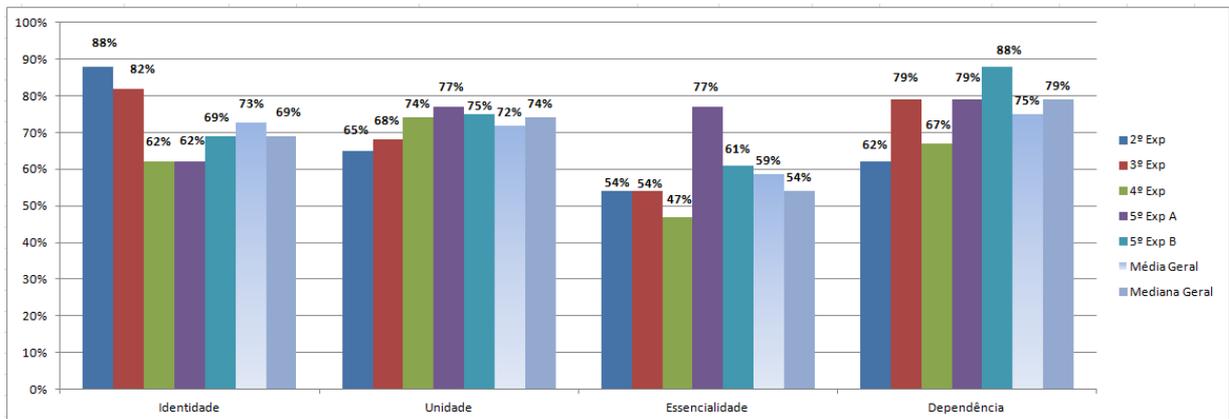


Gráfico 2 – Porcentual de atribuições corretas por metapropriedades do 2º ao 5º Experimentos

Analisando-se os resultados do conjunto de todas as metapropriedades do Gráfico 2, o 4º Experimento obteve os piores resultados dentre os demais. Grande parte deste resultado pode ser atribuído ao cansaço (devido à extensão do tempo do 4º Experimento) dos participantes na finalização do experimento, pois a maioria dos erros ocorreu nos níveis finais das negociações, além do fato de que os participantes possuíam pouca experiência em modelagem conceitual.

No contexto do domínio genealógico utilizado do 2º ao 5º Experimentos, a atribuição da metapropriedade **identidade** é facilitada, pois os participantes estão acostumados a tratar da identidade de pessoas (que são os principais elementos do domínio), ou seja, distinguir uma pessoa de outra é uma atividade que já faz parte da vida cotidiana de qualquer indivíduo.

A grande maioria dos participantes atribuiu **identidade** aos conceitos do domínio genealógico, o que está correto, porém a principal dificuldade encontrada foi que os mesmos

não souberam diferenciar a modalidade da **identidade**, ou seja, a maior parte dos participantes modelaram os conceitos como fornecendo seu próprio **critério de identidade (identidade própria)**, quando o correto seria a herança do **critério de identidade** do superconceito ao qual estava subsumido (**identidade herdada**), conseqüentemente resultando em atribuições incorretas. Esta determinação não é uma tarefa trivial, pois depende da análise dos conceitos que fazem parte da hierarquia da ontologia, além de um conhecimento mais completo sobre as características importantes a serem modeladas e das informações que serão utilizadas na O_c .

Outro ponto difícil refere-se à atribuição de **identidade** ou **não-identidade** para conceitos mais abstratos como, por exemplo, o conceito sexo, que foi utilizado em algumas O_i de alguns experimentos. Nestes casos, percebe-se que esta atribuição torna-se um pouco mais complicada porque se confunde com a **identidade** do outro conceito ao qual este é relacionado, ou seja, é difícil para os participantes perceberem que o conceito possui **não-identidade**.

Estes erros ocorreram principalmente no 4º e 5º Experimentos, pelo fato de que os participantes não tinham um conhecimento mais aprofundado de herança e, assim, não conseguiram entender que para conceitos como: homem, mulher, pessoa viva, pessoa morta, pai, mãe, entre outros (que representam classificações, fases ou papéis) a **identidade** é herdada do superconceito pessoa, o qual estes conceitos estão subsumidos.

Estes fatos também podem ser comprovados observando-se o Gráfico 2, pois nos experimentos em que os participantes cursavam as séries mais avançadas dos cursos de Computação, e que por consequência possuíam mais conhecimento em modelagem conceitual, estes fizeram atribuições mais corretas da metapropriedade **identidade**, em torno de 85% (2º e 3º Experimentos), enquanto que os participantes com menos conhecimento mantiveram um porcentual de acerto em torno de 62% (4º e 5º Experimentos - A e B). Assim, a **identidade** obteve o mais alto índice de desvio padrão (11%) de todas as demais metapropriedades.

Com relação à **unidade**, esta metapropriedade no domínio genealógico, também é bastante concreta e fácil de entender e aplicar. Com exceção de alguns casos, como por exemplo, o conceito de pessoa falecida, para o qual quase todos os grupos fizeram atribuições incorretas quanto à **unidade** pela dificuldade de conceitualização deste conceito. A metapropriedade **unidade** obteve um porcentual de 72% e o menor desvio padrão (5%).

Determinar a **unidade**, quando se tratam de conceitos concretos como pessoa, animal, computador, mesa, é um pouco mais fácil, pois todos esses conceitos possuem partes e limites que são identificáveis. Já quando se tratam de conceitos abstratos como atividade,

consulta, sexo e tamanho, torna-se difícil a atribuição da **unidade**, pois não é possível materializar as partes e os limites que compõem estes conceitos, assim como quando a **unidade** refere-se à **unidade** mereológica extensional, na qual a possibilidade de se adicionar ou remover partes de uma extensão determina a **antiunidade** do conceito.

A **essencialidade**, conforme apresentado na Seção 2.5.1, possui variações próprias que são difíceis de entender e aplicar. No domínio genealógico, grande parte dos conceitos trabalhados trata da representação de papéis, envolvendo a aplicação do entendimento de mundos possíveis (realidade e alternativas à realidade), que requer um conhecimento mais aprofundado, o qual os participantes não possuíam. Além disso, conforme explorado na proposta da *OntoClean 2.0* (WELTY; ANDERSEN, 2005) existem também questões relativas ao tempo (tempo e ausência de tempo) e existência (existência atual e existência) que acabam dificultando a aplicação da **essencialidade**.

Dessa forma, os participantes apresentaram grandes dificuldades no entendimento das possibilidades de contingência ou não das instâncias de um conceito. Todos esses complicadores puderam ser observados na prática com a realização dos experimentos, corroborados pelo que foi relatado em Welty e Andersen (2005). Nos experimentos a **essencialidade** atingiu o menor percentual de atribuições corretas, obtendo 59%, e um desvio padrão de 10%. A **essencialidade** usada pela ontologia padrão ouro (Figura 17), representada pela ontologia do domínio genealógico de Guizzardi (2005), refere-se à **rigidez básica**, que é independente da existência e do tempo, e descreve propriedades que possuem as mesmas extensões em todos os mundos possíveis, ou seja, todo objeto existe em todos os mundos possíveis, e todo mundo é acessível de todos os outros mundos.

A metapropriedade **dependência** obteve o maior percentual (75%) de atribuições corretas por metapropriedades, com variação de desvio padrão de 9%. Embora estes resultados sejam positivos, ainda pode-se perceber, através de vários argumentos expostos pelos participantes, que existe uma dificuldade no entendimento da **dependência** como algo extrínseco ao conceito.

Alguns exemplos de argumentos demonstram que restaram dúvidas quanto ao entendimento da **dependência**. Por exemplo, um participante que atribuiu dependência ao conceito pessoa viva e incluiu como argumento para justificar a sua escolha: “Para a pessoa ser viva, precisa estar respirando, com todos os seus órgãos funcionando”. Ao contrário do que o participante entendeu, estas características são intrínsecas ou essenciais à existência de pessoa viva, e não tratam de uma **dependência** extrínseca ao conceito, então o correto é que o conceito pessoa viva seja considerado **não-dependente**.

Outro exemplo é que a grande maioria dos participantes atribuiu **dependência** aos conceitos homem e mulher, e explicou nos argumentos que para ser homem é necessário ser do sexo masculino e para ser mulher é necessário ser do sexo feminino. Esta dependência também não trata de coisas extrínsecas aos conceitos homem e mulher, pois se um conceito é classificado como homem, implica em ser do sexo masculino, sendo esta uma característica intrínseca ao conceito homem, o mesmo se aplica ao conceito mulher. Na verdade estas situações retratam o modo operativo (isto é, guiado à implementação) de como se aprende modelagem nos cursos de graduação.

Muitos erros infundados puderam ser encontrados em várias comparações nestes experimentos, por exemplo, na O_c de um grupo para o conceito homem foi atribuída **não-identidade**, e, para o conceito *mulher* foi atribuída **identidade própria**. Em outro caso, para o conceito *mãe* foi atribuída **dependência** e, para o conceito *pai* **não-dependência**. Em outro exemplo, para o conceito *antepassado* foi atribuída **antirrigidez** e para o conceito *descendente* foi atribuída **rigidez**.

Embora a grande maioria dos participantes, em todos os experimentos, tenha manifestado um completo entendimento com relação ao domínio escolhido - que é fundamental para a realização de uma correta atribuição de metapropriedades, pois é imprescindível que o usuário saiba exatamente o quê deseja representar para conseguir atribuir o significado pretendido às representações - através da observação dos argumentos postados pode-se perceber que vários participantes não entenderam algumas características essenciais do domínio da aplicação. Assim, o ideal é que os participantes tivessem envolvidos no processo de desenvolvimento como um todo, realizando todas as atividades do ciclo de vida de engenharia das ontologias individuais, O_i , pois desta forma seria mais fácil para os mesmos determinar quais características aproximam mais a representação da sua conceitualização.

Outra observação que foi constatada em todos os experimentos é relacionada à dificuldade dos participantes de realizarem uma modelagem conceitual voltada à representação do conhecimento de um domínio, pois está é diferente da modelagem convencional orientada ao projeto de um sistema ou a uma aplicação específica, com a qual a maioria dos participantes está acostumada. Esta dificuldade está principalmente relacionada ao fato de que nas disciplinas que envolvem modelagem, geralmente a modelagem ensinada é voltada ao projeto, já comprometida com restrições impostas pelas ferramentas computacionais ou pelos requisitos de eficiência, e não à modelagem conceitual de domínio.

Por exemplo, quando se faz uso de ontologias para representação do conhecimento busca-se visualizar o mundo como ele é, indiferentemente da forma de representação que será utilizada posteriormente e dos requisitos técnicos de projeto, pois o objetivo do seu uso é tornar explícito o conhecimento do domínio que se quer representar. Esse é um exercício difícil, pois na modelagem convencional o domínio é representado através de classes, atributos e relacionamentos e são usados procedimentos imperativos para inferir as informações que estão implícitas nestes dados. Deste modo, os participantes estão acostumados a modelar os sistemas de acordo com os acessos que serão feitos às informações para cumprir com os requisitos funcionais da aplicação. Essas diferenças acabam, muitas vezes, por dificultar a representação do conhecimento empobrecendo a especificação do modelo pretendido.

Também se percebeu outro obstáculo com relação à correta aplicação dos tipos de relacionamentos, pois nos experimentos somente foram abordados os relacionamentos de subsunção. Os participantes, por estarem acostumados a trabalhar também com relacionamentos de associação, composição e agregação, faziam confusão na interpretação do significado dos relacionamentos hierárquicos e, conseqüentemente, dos *templates* utilizados para representá-los. Por exemplo, um argumento utilizado para justificar uma escolha de pessoa ser subsumida por país: “Toda pessoa reside em um país e um país é a residência de várias pessoas”.

Como nas experimentações não se faz possível a realização de todo ciclo de vida da engenharia das ontologias individuais, pois se tratam de simulações para permitir que o método proposto seja testado e avaliado, percebem-se alguns vieses que são inseridos nos experimentos. Por exemplo, no treinamento é realizado um debate para a compreensão do significado pretendido aos elementos da O_c , sendo abordados o objetivo, o escopo, a conceitualização dos elementos do domínio da O_c , assim como as questões de competência que devem ser respondidas.

Então pode-se perceber que este treinamento e a apresentação das questões de competência, embora necessários e fundamentais para a realização dos experimentos, acabam influenciando na escolha de quais elementos devem ou não estar presentes na O_c . Para amenizar este fato tomou-se o cuidado de incluir nestes documentos e nas O_i atribuídas a cada participante alguns conceitos que não faziam parte dos elementos da ontologia padrão ouro, O_g , em uma tentativa de simular a realidade da melhor forma possível.

Porém, por conta destes vieses, embora o protótipo *CollArg* permitisse a exclusão de qualquer conceito no processo de negociação, a maioria dos conceitos excluídos pelos

participantes realmente não fazia parte da O_g . Por este motivo, os resultados das medidas de cobertura, que foram quase totalmente de 100% do 2º ao 5º Experimentos, não foram levados em conta como um resultado positivo do CAMIO.

Também foi possível comprovar a questão da influência do grau do conhecimento e experiência em modelagem conceitual nos resultados produzidos, pois os alunos com mais embasamento (cursando as séries mais avançadas) produziram resultados melhores, tanto quanto à correta atribuição de metapropriedades como à posição taxonômica, pois já possuíam conhecimento prévio de conceitos básicos, tais como herança, generalização, especialização, conceitos. Uma observação que condiz com esta afirmação é que os grupos que tiveram mais acertos na atribuição taxonômica também tiveram mais acertos em metapropriedades. Ao contrário, os grupos que tiveram menos acertos nas posições taxonômicas também fizeram menos atribuições corretas de metapropriedades. Esta questão ficou claramente demonstrada pela maioria dos grupos que participaram do 5º Experimento, e que não conseguiram finalizá-lo e cometeram vários erros infundados encontrados em todas as O_c produzidas.

4.6 METODOLOGIA DO 6º EXPERIMENTO

Os participantes deste experimento são alunos da disciplina de Ontologias, da Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, CPGEI/UTFPR, com experiência em modelagem conceitual. Este experimento foi realizado no período de 29 de novembro a 21 de dezembro de 2012, como parte integrante dos trabalhos da disciplina de Ontologias.

Nesta disciplina, dentre os temas estudados encontravam-se modelagem conceitual, ontologias e metodologia *OntoClean*, assim todos os participantes do 6º Experimento tiveram um treinamento mais aprofundado sobre os temas abordados no CAMIO.

No 6º Experimento a engenharia de ontologias pode ser realizada por completo, desde a concepção das ontologias individuais, O_i , feita por cada participante, até a elaboração da ontologia consensual, O_c , feita pelos componentes de cada grupo.

Participaram sete alunos. A maioria dos participantes possui graduação em Sistemas de Informação ou Ciência da Computação e trabalha em áreas da Computação.

Estes participantes foram divididos em dois grupos:

- **Grupo Teste:** contou com quatro participantes, e realizou o experimento utilizando o protótipo *CollArg* que implementa o método CAMIO.

- **Grupo Controle:** contou com três participantes e realizou o experimento sem utilizar o protótipo do método.

Na primeira fase do experimento, todos os alunos participantes desenvolveram suas ontologias individuais, O_i , sobre o domínio genealógico, realizando a modelagem conceitual dos elementos e utilizando a ferramenta Protégé¹⁵ para implementação das ontologias. As informações que nortearam o desenvolvimento das ontologias continham a descrição do problema, composta por informações sobre o domínio do problema, características relevantes dos elementos do domínio e um conjunto de questões de competência que precisavam ser respondidas pelas ontologias.

Para cada conceito, cada participante realizava a atribuição das metapropriedades *OntoClean*, através da criação de uma anotação denominada *OntoClean* (no Protégé), cujo conteúdo continha por exemplo os valores: “+I+U~R+D”, correspondendo a variações de **identidade**, **unidade**, **essencialidade** e **dependência** respectivamente. Além disso, para cada conceito, cada participante também preenchia um comentário justificando o motivo de cada atribuição *OntoClean* realizada.

No final da primeira fase os alunos entregaram as O_i , uma de cada participante, e após passaram a realizar procedimentos distintos, de acordo com o grupo ao qual pertenciam.

Na segunda fase, os participantes, inseridos em seus grupos, realizaram as seguintes atividades colaborativas: combinação de todas as O_i , resolução das divergências encontradas, argumentação sobre as soluções propostas, votação em uma solução e composição colaborativa de uma única ontologia consensual, O_c , que representasse o consenso do grupo sobre o domínio trabalhado.

Os alunos do Grupo Teste realizaram as atividades colaborativas com o auxílio e direção do protótipo *CollArg*. Este protótipo foi acessado via *Web* site, então os participantes podiam desenvolver suas atividades sem a necessidade de estarem reunidos presencialmente.

Os alunos do Grupo Controle realizaram as atividades colaborativas manualmente, em reuniões presenciais e utilizando editores de texto e a ferramenta Protégé.

No final do experimento, cada grupo entregou uma O_c em um arquivo OWL. Uma síntese destas informações é apresentada na Tabela 10.

¹⁵ <http://protege.stanford.edu/>

Tabela 10 - Informações dos participantes do 6º Experimento

	Número participantes	Desenvolvimento O_i	Desenvolvimento O_c
Grupo Teste	4	Sem uso do protótipo CollArg	Com uso do protótipo CollArg
Grupo Controle	3	Sem uso do protótipo CollArg	Sem uso do protótipo CollArg

4.7 RESULTADOS DO 6º EXPERIMENTO

O 6º Experimento foi o único em que foi possível realizar o processo de desenvolvimento de ontologias como um todo, desde a sua conceitualização até a sua especificação. Foi possível realizar todas as medições propostas, a saber: *precisão* taxonômica, *cobertura* taxonômica e *precisão* de metapropriedades *OntoClean*.

Na Tabela 11 apresentam-se as medições realizadas na primeira fase do 6º Experimento, sobre as O_i que foram produzidas individualmente pelos participantes dos Grupos Teste (Tabela 11A) e Controle (Tabela 11B). Cada um dos quatro participantes do Grupo Teste foi denominado de Teste A, Teste B, Teste C e Teste D, assim como cada um dos três participantes do Grupo Controle foi denominado de Controle A, Controle B e Controle C.

Pode-se perceber que as médias da *precisão* sobre as O_i – tanto com relação à taxonomia, quanto com relação às metapropriedades *OntoClean* – foram semelhantes para os dois grupos, apesar de haver um desvio padrão acentuado com relação aos resultados dos participantes do Grupo Teste:

- Média da *precisão* taxonômica das O_i dos participantes:
Grupo Teste: 59%, com desvio padrão de 25%
Grupo Controle: 68%, com desvio padrão de 11%.
- Média da *precisão* das metapropriedades *OntoClean* das O_i dos participantes:
Grupo Teste: 38%, com desvio padrão de 22%
Grupo Controle: 35%, com desvio padrão de 2%.

Com relação à *cobertura* os valores foram diferenciados:

- Média da *cobertura* taxonômica das O_i dos participantes:
Grupo Teste: 77%, com desvio padrão de 39%
Grupo Controle: 100%, sem desvio padrão.

Tabela 11 - Precisão e cobertura das O_i dos participantes dos Grupos Teste (A) e Controle (B)

A

Medições realizadas sobre as O_i de cada participante						
	Teste A	Teste B	Teste C	Teste D	Média Grupo Teste	Desvio Padrão
TP-TX	9	13	1	11	9	
FP-TX	17	3	2	2	6	
FN-TX	0	0	10	0	3	
TP-OC	25	13	5	35	20	
FP-OC	27	39	47	17	33	
Precisão-TX	35%	81%	33%	85%	59%	25%
Cobertura-TX	100%	100%	9%	100%	77%	39%
Precisão-OC	48%	25%	10%	67%	38%	22%

B

Medições realizadas sobre as O_i de cada participante					
	Controle A	Controle B	Controle C	Média Grupo Controle	Desvio Padrão
TP-TX	11	8	11	10	
FP-TX	3	7	4	5	
FN-TX	0	0	0	0	
TP-OC	20	18	17	18	
FP-OC	32	34	35	34	
Precisão-TX	79%	53%	73%	68%	11%
Cobertura-TX	100%	100%	100%	100%	0%
Precisão-OC	38%	35%	33%	35%	2%

A Tabela 12 apresenta o percentual de atribuições corretas por metapropriedades *OntoClean* para as O_i de cada participante dos Grupos Teste (Tabela 12A) e Controle (Tabela 12B). Existem diferenças substanciais entre cada participante de um mesmo grupo, porém pode-se verificar que a média geral entre todas as metapropriedades por grupo, ficou bem semelhante, sendo que o Grupo Teste obteve uma média geral de 35,58% e o Grupo Controle obteve uma média de 35,26%.

Tabela 12 - Porcentual de atribuições corretas por metapropriedades *OntoClean* das O_i dos participantes dos Grupos Teste (A) e Controle (B)

A

Números absolutos e percentuais de atribuições corretas de metapropriedades sobre os 13 conceitos TP-TX das O_i de cada participante											
	Teste A		Teste B		Teste C		Teste D		Média Grupo Teste		Desvio Padrão
	Número acertos	%	Número acertos	%	Número acertos	%	Número acertos	%	Número acertos	%	
Identidade	5 de 13	38,46%	2 de 13	15,38%	0 de 13	0,00%	7 de 13	53,85%	4 de 13	26,92%	20,71%
Unidade	11 de 13	84,62%	3 de 13	23,08%	0 de 13	0,00%	12 de 13	92,31%	7 de 13	50,00%	39,41%
Essencialidade	4 de 13	30,77%	0 de 13	0,00%	0 de 13	0,00%	5 de 13	38,46%	2 de 13	17,31%	17,52%
Dependência	6 de 13	46,15%	8 de 13	61,54%	0 de 13	0,00%	11 de 13	84,62%	6 de 13	48,08%	30,95%
Média	7 de 13	50,00%	3 de 13	25,00%	0 de 13	0,00%	9 de 13	67,31%	5 de 13	35,58%	

B

Números absolutos e percentuais de atribuições corretas de metapropriedades sobre os 13 conceitos TP-TX das O_i de cada participante									
	Controle A		Controle B		Controle C		Média Grupo Controle		Desvio Padrão
	Número acertos	Porcentual	Número acertos	Porcentual	Número acertos	Porcentual	Número acertos	Porcentual	
Identidade	8 de 13	61,54%	6 de 13	46,15%	1 de 13	7,69%	5 de 13	38,46%	22,65%
Unidade	7 de 13	53,85%	2 de 13	15,38%	8 de 13	61,54%	6 de 13	43,59%	20,19%
Essencialidade	1 de 13	7,69%	5 de 13	38,46%	3 de 13	23,08%	3 de 13	23,08%	12,56%
Dependência	4 de 13	30,77%	5 de 13	38,46%	5 de 13	38,46%	5 de 13	35,90%	3,63%
Média	5 de 13	38,46%	5 de 13	34,62%	4 de 13	32,69%	5 de 13	35,26%	

O Gráfico 3 apresenta a média do porcentual de atribuições corretas por metapropriedades *OntoClean* das O_i dos participantes dos Grupos Teste e Controle.

A Tabela 13 apresenta os resultados finais das O_c produzidas pelo Grupo Teste e pelo Grupo Controle. De acordo com os resultados obtidos, pode-se verificar que a *precisão* taxonômica da O_c do Grupo Teste foi de 85% apresentando um resultado melhor do que o obtido pelo Grupo Controle, que foi de 54%. Como os valores da média das medições realizadas nas O_i dos participantes era bastante próximo, esta diferença nos resultados das medições nas O_c é significativa.

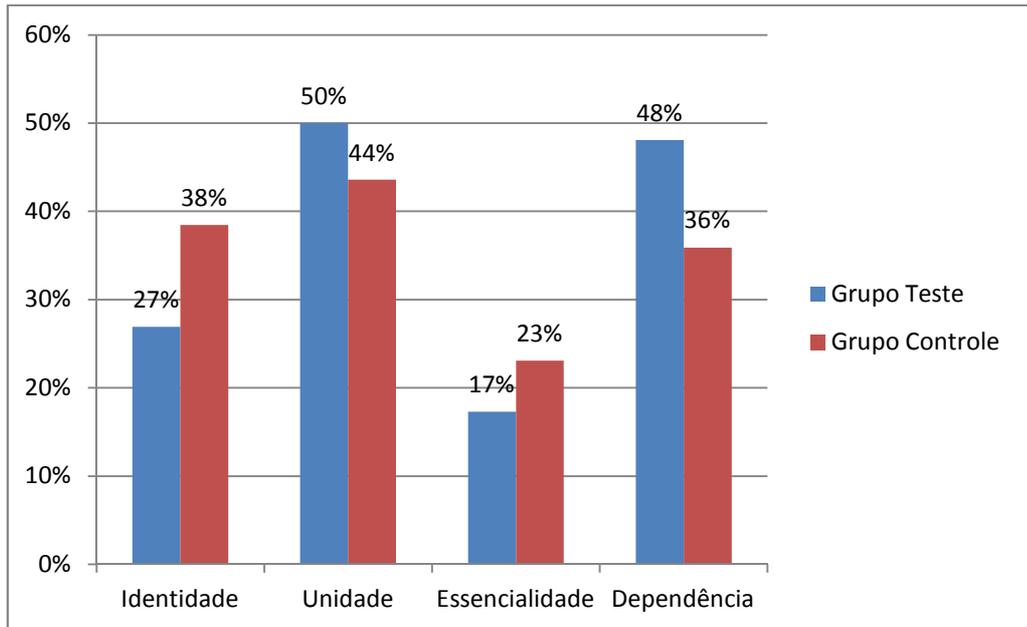


Gráfico 3 – Porcentual de atribuições corretas por metapropriedades das O_i do 6º Experimento

Na Tabela 14 são apresentados os resultados das medidas de *precisão* taxonômica, *cobertura* taxonômica e *precisão* das metapropriedades *OntoClean* para os grupos teste e controle. Comparando-se os resultados do grupo teste com o grupo controle, o grupo teste apresentou melhores resultados em dois sentidos. No primeiro levando-se em conta os resultados obtidos pelas comparações das médias das O_i com a O_c produzida pelo grupo teste, e no segundo com relação ao comparativo entre as O_c do grupo teste e controle.

Tabela 13 - Medidas de *precisão* e *cobertura* nas O_c dos Grupos Teste e Controle

Medições realizadas nas O_c dos grupos teste e controle		
	Teste	Controle
TP-TX	11	7
FP-TX	2	6
FN-TX	0	0
TP-OC	35	19
FP-OC	17	33
Precisão-TX	85%	54%
Cobertura-TX	100%	100%
Precisão-OC	67%	37%

Tabela 14 - Variações entre O_i e O_c dos grupos teste e controle

	Média O_i Grupo Teste	O_c - Grupo Teste	Variação entre O_i e O_c - Grupo Teste	Média O_i Grupo Controle	O_c - Grupo Controle	Variação entre O_i e O_c Grupo Controle
Precisão-TX	59%	85%	44%	68%	54%	-21%
Cobertura-TX	77%	100%	29%	100%	100%	0%
Precisão-OC	38%	67%	79%	35%	37%	4%

Na Tabela 15 são apresentados os números absolutos com relação à correta atribuição de metapropriedades *OntoClean* nas O_c dos grupos teste e controle.

Tabela 15 - Percentual de atribuições corretas por metapropriedades *OntoClean* das O_c dos grupos teste e controle

Números absolutos e percentuais de atribuições corretas de metapropriedades sobre os 13 conceitos TP-TX das O_c dos grupos teste e controle				
	Teste		Controle	
	Número acertos	Porcentual	Número acertos	Porcentual
Identidade	7 de 13	53,85%	4	30,77%
Unidade	12 de 13	92,31%	2	15,38%
Essencialidade	5 de 13	38,46%	6	46,15%
Dependência	11 de 13	84,62%	7	53,85%
Média	9 de 13	67,31%	5	36,54%

O Gráfico 4 apresenta os resultados obtidos nas O_c dos Grupos Teste e Controle, com relação ao percentual de atribuições corretas por metapropriedades *OntoClean*.

Segundo Gangemi et al. (2006) 100% de *precisão* implica que todos os modelos não pretendidos estão excluídos, assim como 100% de *cobertura* implica que todos os modelos pretendidos estão incluídos.

Porém mesmo no 6º Experimento, com os participantes realizando todo o processo de engenharia de ontologias, nenhum elemento FN-TX foi encontrado nas O_c dos grupos (ainda que a cobertura da média das O_i tenha sido de 77%). Assim pode-se concluir que ainda existe o viés do direcionamento na seleção dos conceitos, relatado na Seção 4.5. Nesse sentido uma medição de cobertura confiável, somente seria possível, em um ambiente real de desenvolvimento de ontologias.

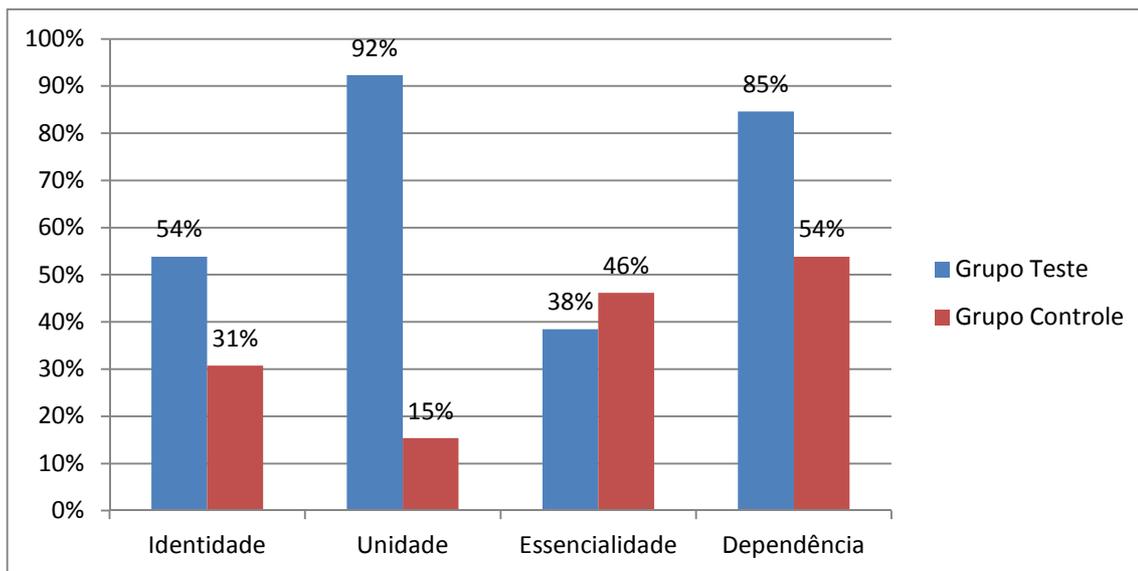


Gráfico 4 – Porcentual de atribuições corretas por metapropriedades das O_c do 6º Experimento

4.8 CONCLUSÕES GERAIS DOS EXPERIMENTOS

A aplicação das metapropriedades *OntoClean* é uma tarefa que demanda um profundo conhecimento dos princípios filosóficos em que a metodologia está fundamentada.

Essa afirmação foi comprovada principalmente através da realização do 6º Experimento, em que os participantes já eram graduados nas áreas da computação e estavam cursando pós-graduação também na área da computação (além de receberem um treinamento mais aprofundado da *OntoClean*) e mesmo assim apresentaram dificuldade no entendimento e uso das metapropriedades, principalmente quando realizaram o desenvolvimento das ontologias individuais, O_i , de cada participante, em que se fez necessário a aplicação “manual” da metodologia.

Porém, com a utilização do método CAMIO, os resultados da média geral obtida pelas metapropriedades (Tabela 16) são considerados satisfatórios, com exceção da metapropriedade de **essencialidade**, que se mostrou difícil de entender em todos os experimentos, e obteve o menor porcentual de acertos (conforme alguns motivos já apresentados na Seção 4.5). Dessa forma, pode-se concluir que com a utilização dos *templates*, assim como com a detecção das violações na hierarquia de subsunção, impostas pelo uso das metapropriedades *OntoClean*, obteve-se uma aplicação mais transparente e, conseqüentemente, mais facilitada da metodologia.

Esta detecção das violações da hierarquia de subsunção realizada pelo CAMIO e implementada nos protótipos do sistema também auxilia na correta atribuição das

metapropriedades, pois as regras não permitem que uma atribuição inválida do ponto de vista de subsunção seja feita. Geralmente quando se encontram especificações inconsistentes e conflitantes estas podem apontar para aspectos do sistema que precisam de mais atenção e profunda análise. Dessa forma, os participantes são levados a repensar o quê realmente querem representar e, se for o caso, realizar novas atribuições de metapropriedades ou mudanças no posicionamento dos conceitos na hierarquia.

Tabela 16 - Porcentual de atribuições corretas por metapropriedades OC do 2º ao 6º Experimentos

	2º Exp	3º Exp	4º Exp	5º Exp A	5º Exp B	6º Exp - Grupo Teste	Média Geral
Identidade	88%	82%	62%	62%	69%	54%	70%
Unidade	65%	68%	74%	77%	75%	92%	75%
Essencialidade	54%	54%	47%	77%	61%	38%	55%
Dependência	62%	79%	67%	79%	88%	85%	77%

A maioria das ferramentas de análise disponíveis apenas realiza uma indicação de violação das restrições, ou seja, erros taxonômicos são apontados, as partes problemáticas da taxonomia são apresentadas, porém não existe nenhum auxílio para que os usuários possam resolver os erros encontrados. Dessa forma, os usuários devem resolver os erros detectados com conhecimento próprio, sendo esta verificação e resolução de restrições consideradas difíceis e cansativas para os seres humanos.

Observando-se a Tabela 17, que apresenta as medidas de precisão das ontologias de consenso, principalmente com relação ao 6º Experimento, que contou com um grupo que não utilizou o método (o Grupo Controle), podemos dizer que as ontologias de consenso produzidas pelo CAMIO tendem a reduzir a distância conceitual entre modelos.

Tabela 17 - Medidas de precisão e cobertura do 2º ao 6º Experimentos

	2º Exp	3º Exp	4º Exp	5º Exp A	5º Exp B	6º Exp - G. Teste	Média Geral	6º Exp - G. Controle
Precisão - TX	94%	79%	66%	88%	84%	85%	83%	54%
Precisão - OC	87%	70%	64%	72%	64%	67%	71%	37%
Cobertura	x	x	x	x	x	100%	100%	100%

Com relação à realização dos experimentos, principalmente do 1º ao 5º Experimentos, que foram realizados em um curto espaço de tempo e com voluntários, encontrou-se uma grande dificuldade em contar com uma participação satisfatória, tendo em

vista a pouca disponibilidade de participação, a limitação de tempo, a falta de interesse e motivação de alguns participantes. Além disso, por estas limitações citadas e pelas simulações que são necessárias à realização dos experimentos são inseridos alguns vieses no experimento, que foram apresentados na Seção 4.5. Sabe-se que todos estes fatores influenciam nos resultados dos experimentos.

Outro ponto importante a ressaltar, é que os participantes estão acostumados a pensar em modelagem voltada à implementação, sendo este um problema relacionado à forma como estes foram ensinados a modelar. Por isso, apresentam grandes dificuldades em realizar uma modelagem dirigida à representação do conhecimento, ou seja, entender que com o uso de ontologias busca-se elaborar uma descrição de um mundo, construindo-se modelos mais ricos e neutros em relação às tecnologias e aplicações, e representando-se mais informações. Nesse sentido, o uso da *OntoClean* é um mecanismo que ajuda a explicitar estas informações que auxiliam na interpretação do significado que se pretende atribuir aos elementos do domínio representado.

5 TRABALHOS CORRELATOS

Os trabalhos correlacionados com o método proposto podem ser divididos em duas modalidades. A primeira modalidade apresenta as abordagens que utilizam alguma forma de argumentação para apoiar o processo de negociação para resolução de divergências no desenvolvimento colaborativo de ontologias. A segunda modalidade relaciona as abordagens que realizam a aplicação da metodologia *OntoClean* para reduzir a distância conceitual entre o modelo pretendido e o modelo especificado, bem como para avaliar a estrutura taxonômica das ontologias. A seção 5.1 apresenta trabalhos correlatos da primeira modalidade e a seção 5.2 apresenta trabalhos correlatos da segunda modalidade.

5.1 ABORDAGENS QUE FAZEM USO DA ARGUMENTAÇÃO PARA RESOLUÇÃO DE DIVERGÊNCIAS

Na abordagem de Mediação do Conhecimento (ASCHOFF et al., 2004) existe uma valorização do processo social de desenvolvimento de ontologias envolvendo todas as partes relevantes para o alcance de uma solução bem-sucedida. Nesta abordagem os participantes produzem suas ontologias individuais a partir de uma lista de termos acordados, que representam os conceitos centrais do domínio de conhecimento. Estas ontologias individuais são apresentadas por seus pares, que devem apresentar também as diferenças e semelhanças entre a ontologia apresentada e a sua ontologia particular. Todo o processo de negociação entre os participantes é dirigido por um mediador (geralmente um engenheiro do conhecimento experiente) que é responsável por conduzir as discussões dos participantes sobre as divergências encontradas, sem tomar posição sobre as discussões realizadas.

Karapiperis e Apostolou (2006) propõem uma metodologia para engenharia de ontologias baseada no consenso, na qual uma ontologia inicial é criada (por alguns membros selecionados do grupo de especialistas no domínio, sob a supervisão de engenheiros do conhecimento). Através de um processo iterativo, a ontologia inicial é avaliada até que todo o grupo de especialistas no domínio concorde com sua estrutura. Cada avaliação compreende a revisão, realização de melhoramentos e evolução da versão da ontologia. As avaliações são relacionadas ao escopo dos conceitos, a taxonomia, a adequação das relações semânticas entre conceitos e a existência de sobreposições de conceitos, e, são apoiadas por uma planilha de avaliações, na qual cada participante atribui valores de uma escala Likert para alguns critérios

sobre os elementos avaliados. Para a construção do consenso é utilizada a NGT - *Nominal Group Technique* (GRESHAM, 1986), que compreende *brainstorming*, apresentação e votação, até que todos os participantes concordem e aceitem a versão final da ontologia. Todos os procedimentos são feitos presencialmente, com a equipe completa, em tempo real, conforme os preceitos da NGT.

A metodologia DOGMA-MESS (LEENHEER; DEBRUYNE, 2008) é uma extensão da abordagem DOGMA (JARRAR; MEERSMAN, 2002), tendo por objetivo a evolução colaborativa de ontologias através de um processo iterativo em que os participantes interpretam e modelam novas versões de uma ontologia, usando a terminologia e contextos próprios da comunidade. Nesta metodologia uma ontologia comum de alto nível (UCO - *Upper Common Ontology*) representa as conceitualizações comuns e aceitas pela comunidade (engenheiros do conhecimento, núcleo de especialistas no domínio e especialistas no domínio). A evolução da UCO é feita pelos especialistas no domínio, resultando num conjunto de perspectivas divergentes. A combinação destas divergências com a UCO, assim como de novas possíveis percepções resultantes deste processo é feita por toda a comunidade, sendo que todos os membros argumentam para criticar e defender suas posições sobre as divergências até alcançarem o consenso. Somente a parte que for acordada por toda a comunidade compõe a próxima versão (evolução) da UCO.

O modelo *Ontology Maturing* (BRAUN et al., 2007a) visa buscar uma solução para o problema da defasagem de tempo entre a emergência de temas e sua inclusão em uma ontologia. Para tal, o conhecimento é construído em níveis incrementais pelos especialistas no domínio, de forma integrada nas suas atividades rotineiras, através da etiquetagem de novos termos ou correção de termos já utilizados nas anotações quando das buscas por recursos (URLs, documentos, figuras). Essas anotações são reusadas e revisadas por outros usuários surgindo um vocabulário compartilhado pela comunidade (representando a conceitualização). Posteriormente, este vocabulário é formalizado em estruturas hierárquicas e relações, e depois é enriquecido com a semântica do domínio, adicionando conhecimento para melhorar o processo de inferência.

O Co4 (EUZENAT, 1995) apresenta um protocolo para agentes autônomos em um contexto de memória distribuído para intermediação da submissão do conhecimento individual à base de conhecimentos do grupo. O Co4 assegura a consistência do conhecimento individual através da checagem de redundâncias, subsunções e similaridades com o conhecimento do grupo, sem interação humana. A argumentação é iniciada quando um conhecimento individual é submetido à apreciação do grupo, que pode responder aceitando,

rejeitando ou propondo alternativas a ele (que serão discutidas novamente). As discussões são realizadas utilizando-se comentários com significado semântico preciso, que são registrados para rastreamento das atualizações. Quando o grupo obteve comentários suficientes, as alterações aceitas são integradas à base de conhecimentos do grupo.

Na WIMethCOE (JIMÉNEZ-RUIZ; BERLANGA, 2006) um grupo reduzido de desenvolvedores define uma ontologia de alto nível sobre o domínio trabalhado, em seguida criam-se módulos sobre partes deste conhecimento acordado. De acordo com os campos de atuação dos usuários são criadas visões sobre porções do conhecimento de cada módulo. Estas visões são atualizadas nos ambientes particulares dos usuários, e posteriormente, publicadas para avaliação da comunidade. Todas as alterações individuais podem ser argumentadas pelos demais desenvolvedores e somente quando o consenso é alcançado é realizada a atualização da ontologia global. Alternativas divergentes podem coexistir nas visões particulares, aguardando por futuras argumentações.

No DILIGENT (TEMPICH et al., 2005) a engenharia de ontologias é um processo social, com forte ênfase na troca de argumentos para realizar as discussões sobre decisões de engenharia, em todas as fases do processo. O modelo utiliza uma ontologia de argumentação, inspirada no modelo IBIS (KUNZ; RITTEL, 1970), com um conjunto restrito de tipos de argumentos baseados na *Rhetorical Structure Theory* (MANN; THOMPSON, 1987), para nortear as discussões, permitir a rastreabilidade das decisões de projeto e a detecção de inconsistências nas discussões. Um conselho de controle é responsável por selecionar e decidir quais alterações serão introduzidas na ontologia compartilhada, tomando por base os argumentos registrados pelos usuários. Da mesma forma, o conselho de controle usa a estrutura de argumentação para comunicar aos usuários as razões sobre as decisões tomadas com relação à ontologia compartilhada.

Tomando por base a estrutura argumentativa proposta em (TEMPICH et al., 2005), Castro et al. (2006) propõem estruturar o processo argumentativo, assistindo o processo de elicitação do conhecimento, fornecendo uma documentação para o processo como um todo e melhorando a interação entre especialistas no domínio e engenheiros do conhecimento, que encontram-se geograficamente distribuídos. As posições dos participantes, ou seja, seus argumentos são apoiados em evidências (artigos, comentários ou arquivos de qualquer tipo) que são representados em mapas de conceitos, existindo um processo conciliatório para cada questão que apresenta uma posição sobre um argumento conflitante e tendo como moderador um engenheiro do conhecimento.

Na HCOME (KOTIS; VOUIROS, 2006) o papel dos especialistas no domínio é acentuado através de uma participação ativa e decisiva nas tarefas de engenharia de ontologias, e o papel dos engenheiros de ontologias é minimizado. A especificação de requisitos é acordada através de diálogos de argumentação entre os participantes e, de acordo com estes requisitos, os participantes desenvolvem particularmente suas ontologias individuais. As ontologias individuais são disponibilizadas em um ambiente compartilhado para serem criticadas, através de conversas estruturadas e diálogos de argumentação que utilizam argumentos baseados no modelo IBIS (KUNZ; RITTEL, 1970). Esses diálogos são registrados em um grafo de discurso que é apresentado sob a forma de uma discussão encadeada, sendo guardados para permitir o rastreamento das alterações e o raciocínio feito sobre as versões das ontologias. As ontologias de consenso são evoluídas nos espaços particulares realimentando todo o processo.

O projeto NEON (SUÁREZ-FIGUEROA et al., 2008) apresenta um conjunto de pesquisas e técnicas desenvolvidas para apoiar características da engenharia colaborativa de ontologias, alguns exemplos são (PETERS; GANGEMI, 2009; PALMA et al., 2011; GANGEMI et al., 2007), sendo uma das abordagens mais completas, por contemplar inúmeros temas da área. Com relação às discussões, estas estão integradas ao desenvolvimento colaborativo de ontologias e são usadas para alcançar o consenso sobre diferentes pontos de vista dos usuários. Os tipos de argumentos trocados são baseados na metodologia DILIGENT (TEMPICH et al., 2005) e no modelo de Potts e Bruns (1988). As discussões são destinadas a acelerar uma convergência em direção à solução. Todas as discussões e os argumentos são registrados, fornecendo um histórico do processo. As metodologias são disponibilizadas para diferentes configurações de ambientes colaborativos. Por exemplo, em (PALMA et al., 2011) um grupo principal é responsável por tomar as decisões de acordo com os argumentos propostos pelos demais participantes. Geralmente as soluções acordadas são transferidas automaticamente para as ontologias participantes, utilizando-se mecanismos de versionamento para as atualizações.

A tabela 18 apresenta um compilado das principais características das abordagens apresentadas acima.

Algumas destas abordagens utilizam modelos para especificar e formalizar os tipos de argumentos a serem trocados entre os participantes. Por exemplo, Karapiperis e Apostolou (2006) tomam por base NGT, DILIGENT (TEMPICH et al., 2005) baseia-se em IBIS e RST, Castro et al. (2006) usam uma adaptação do modelo usado em DILIGENT (TEMPICH et al.,

2005), H-COME (KOTIS; VOUIROS, 2006) utiliza uma adaptação de IBIS, NEON (SUÁREZ-FIGUEROA et al., 2008) baseia-se em DILIGENT (Tempich et al., 2005) e no modelo de Potts e Bruns (1988).

Tabela 18 - Principais características das abordagens correlatas.

Abordagem / Autor	Modelo de argumentação	Condução da argumentação	Tipos de argumentos	Conteúdo argumentos
Mediação do Conhecimento (ASCHOFF et al., 2004)	Participantes apresentam diferenças entre as suas ontologias particulares (produzidas a partir de uma lista de termos acordados) e os elementos que alcançarem consenso passam a compor a ontologia central.	Engenheiro do conhecimento experiente	Livre	Livre
Karapiperis e Apostolou (2006)	Especialistas no domínio avaliam iterativamente a ontologia inicial (criada por um grupo de especialistas), revisando-a e evoluindo-a até que todo grupo concorde com sua estrutura.	Engenheiros do conhecimento	Baseados na NGT	Livre
DOGMA-MESS (LEENHEER; DEBRUYNE, 2008)	As LCO (<i>Lower Common Ontology</i>) - versões da UCO (<i>Upper Common Ontology</i>) - são avaliadas iterativamente por toda a comunidade, e as partes acordadas fazem a evolução da UCO.	Toda a comunidade	Livre	Livre
Ontology Maturing (BRAUN et al., 2007a)	Recursos pesquisados pelos usuários são etiquetados, sendo estas anotações reusadas e revisadas por outros usuários e posteriormente formalizadas em estruturas hierárquicas e relações.	Cada indivíduo sobre as anotações por ele utilizadas	Livre	Livre
Co4 (EUZENAT, 1995)	Submissão de conhecimento individual adquirido por agentes autônomos à base de conhecimentos do grupo.	Cada Agente Autônomo	Aceitação, rejeição ou proposição de alternativas	Comentários com significado semântico preciso
WIMethCOE (JIMÉNEZ-RUIZ; BERLANGA, 2006)	Alterações individuais em visões de uma ontologia de alto nível (desenvolvida por um grupo reduzido de desenvolvedores) são avaliadas por toda a comunidade.	Toda a comunidade	Baseados na IBIS	Livre
DILIGENT (TEMPICH et al., 2005)	Usuários propõem alterações na ontologia compartilhada. Um Conselho de Controle seleciona alterações a serem introduzidas na ontologia compartilhada.	Usuários – proposições. Conselho de Controle - seleção	Argumentos Restritos baseados no IBIS e RST	Livre

Castro et. al (2006)	Na fase de elicitación do conhecimento, os especialistas do domínio argumentam sobre questões conflitantes utilizando a estrutura de argumentação de DILIGENT, apoiados em mapas de conceitos.	Engenheiro do conhecimento	Argumentos adaptados de DILIGENT	Livre apoiado em artigos, comentários ou arquivos
HCOME (KOTIS, VOUIROS, 2006)	Ontologias particulares (desenvolvidas de tomando por base uma especificação de requisitos comum) são disponibilizadas em ambiente comum para serem criticadas.		Baseados na IBIS e registrados em grafos de discurso	Livre
NEON (SUÁREZ-FIGUEROA et al., 2008)	Ontologias particulares são versões de uma ontologia comum, a qual é disponibilizada em um ambiente colaborativo comum para ser criticada.	Grupo principal toma decisões de acordo com os argumentos propostos pelos participantes	Baseados em DILIGENT e no modelo de Potts e Bruns	Livre

O modelo de argumentação usado nestas abordagens é formal ou semiformal, no sentido de que determina quais tipos de argumentos devem ser utilizados na argumentação¹⁶, como forma de organizá-la. No entanto, os conteúdos dos argumentos são livres e são baseados no conhecimento tácito dos participantes ou em exemplos informais. Esta é a principal diferença com o método CAMIO, o qual realiza a proposição de argumentos justificados com base nos princípios filosóficos que embasam as teorias de **essência, identidade, unidade e dependência**, através de uma aplicação transparente da metodologia *OntoClean*, visando a realização de distinções ontológicas para auxiliar no esclarecimento das conceitualizações dos participantes.

Em algumas destas metodologias, os autores mencionam a necessidade de fornecer maiores subsídios para apoiar e dirigir a argumentação. Nos experimentos utilizando-se o modelo *Ontology Maturing* (BRAUN et al., 2007a; BRAUN et al., 2007b) os autores relatam que em grupos pequenos é fácil alcançar o consenso, todavia planejam estender as funcionalidades de suas ferramentas para auxiliar na votação de discussões abertas, bem como na avaliação da qualidade das ideias fornecidas para alcançar o consenso. Em algumas pesquisas do Projeto NEON (SUÁREZ-FIGUEROA et al., 2008), por exemplo em Palma et al. (2011), os autores relatam a necessidade de um suporte à argumentação, principalmente na proposição de alterações.

¹⁶ Tipos de argumentos tais como: questão, ideia, justificativa, avaliação, exemplo, desafio, contra-exemplo, alternativa, posição, entre outros.

5.2 ABORDAGENS QUE FAZEM USO DA METODOLOGIA ONTOCLEAN PARA MODELAGEM ONTOLÓGICA E AVALIAÇÃO DE ONTOLOGIAS

Nesta modalidade enquadram-se as abordagens que fazem uso da metodologia *OntoClean* e que possuem ferramentas que auxiliam os usuários nas atribuições das metapropriedades desta metodologia.

Os propositores da *OntoClean*, Guarino e Welty (2000a), desenvolveram um sistema de perguntas e respostas baseado em conhecimento, para guiar os usuários na atribuição das metapropriedades da metodologia, com o objetivo de ajudar a esclarecer os pressupostos de modelagem e produzir taxonomias bem-fundamentadas. Entretanto, o sistema exige um conhecimento prévio das noções filosóficas de **essência**, **identidade**, **unidade** e **dependência**, e os próprios autores relatam que a principal dificuldade da sua aplicação é entender quando e em quais condições se utilizam as propriedades de **identidade** e **unidade** em um domínio. Em outra avaliação feita pelos autores (WELTY; GUARINO, 2001), estes relatam que o sistema é útil para modeladores conceituais que possuem experiência em modelagem conceitual e certa quantidade de treinamento na metodologia.

AEON (VÖLKER et al., 08) é uma ferramenta para automatizar a atribuição de metapropriedades *OntoClean*, através de buscas por padrões de uso na *Web*, que resultam em estatísticas de evidências favoráveis ou contrárias à aplicação ou não de uma metapropriedade. Os autores escolheram a *Web* como *corpus* para busca destes padrões pelo fato de representar a maior fonte de conhecimento de senso comum disponível, dessa forma a atribuição representaria o consenso com relação à conceitualização de um elemento. A AEON também realiza a validação da hierarquia de subsunção da ontologia que foi etiquetada. Os autores realizaram avaliações sobre o sistema e os resultados foram favoráveis quanto à qualidade da etiquetagem automática, ressaltando uma significativa redução de tempo necessário para a realização da etiquetagem.

Benevides e Guizzardi (2009) apresentam um editor gráfico para apoiar a criação de modelos conceituais e ontologias de domínio em uma linguagem de modelagem filosófica cognitivamente bem-fundamentada – OntoUML. Nesta linguagem o usuário trabalha com um conjunto de padrões de modelagem para aplicação de regras de formação de modelos, reduzindo o espaço de solução que caracteriza as escolhas de primitivas de modelagem, conseqüentemente diminuindo a complexidade do modelo construído. OntoUML é fundamentada na ontologia UFO e inspirada na *OntoClean*.

Na sequência Benevides et al. (2010) desenvolveram uma abordagem para avaliar os modelos conceituais definidos em OntoUML através de simulações de estruturas de mundos temporais que pretendem revelar se o modelo especificado viola o modelo pretendido. Os *snapshots* destas estruturas de mundo confrontam o modelador com os estados das coisas que são considerados admissíveis pelo modelo. Assim, os modeladores podem detectar estados das coisas não desejados e tomar as medidas adequadas para corrigir o modelo.

Em (GLIMM et al., 2010) é apresentada uma abordagem para a metamodelagem de conceitos feita com o uso de axiomas em OWL2, para representar as características gerais pretendidas ao domínio e realizar a atribuição de metapropriedades *OntoClean* aos conceitos. Para facilitar e permitir mais expressividade à metamodelagem os autores utilizam duas ou mais ontologias, mantendo o domínio do conhecimento em separado do metaconhecimento (no qual estão declarados os axiomas OWL2). Também são realizadas avaliações sobre a violação de restrições na hierarquia de conceitos através do uso de técnicas de diagnósticos em sistemas de raciocínio padrão OWL2, porém estas violações não são tratadas como inconsistências, mas são indicadas em conceitos auxiliares que indicam quais conceitos estão envolvidos em violações de restrições. Então as origens destas violações podem ser localizadas através de operações de recuperação de instâncias que são mais baratas do que estratégias de depuração (usadas na abordagem de Welty (2006) apresentada acima).

A tabela 19 apresenta um resumo das principais características das abordagens apresentadas acima.

Outras abordagens fazem uma pura atribuição de metapropriedades *OntoClean* implementadas em ferramentas como Protégé (NOY, 2003), Swoop (KALYANPUR et al., 2005), ODEClean (FERNÁNDEZ-LÓPEZ; GÓMEZ-PÉREZ, 2002) e OntoEdit (SURE et al., 2003). Nestas ferramentas também é realizada a verificação das restrições implicadas pela atribuição das metapropriedades através do uso de raciocinadores. Estes sistemas indicam que violações foram encontradas, porém não são fornecidas explicações ou orientações com relação às ações que podem ou devem ser realizadas para correção da taxonomia.

Welty (2006) desenvolveu uma ferramenta baseada em OWL, denominada OntOWLClean, na qual é implementada a representação padrão das metapropriedades *OntoClean*, assim como a aplicação das distinções e implicações destas metapropriedades em uma ontologia OWL. Esta ferramenta pode ser usada em conjunto com outras ferramentas OWL para permitir que as mesmas realizem a atribuição das metapropriedades e a validação da taxonomia de uma forma padrão.

Tabela 19 - Principais características das abordagens que utilizam a *OntoClean*

Abordagem / Autor	Objetivo de uso da OC	Ferramenta	Pontos fracos da abordagem com relação ao CAMIO
Guarino e Welty (2000a)	Ajudar a esclarecer os pressupostos de modelagem e produzir taxonomias bem-fundamentadas.	Question-Answer System	Necessidade de conhecimento prévio das noções filosóficas da OC.
AEON (VÖLKER et al., 08)	Complementar a conceitualização de elementos e avaliar a taxonomia.	AEON Tool	Ambiguidade da linguagem humana dificulta a busca por padrões e algumas decisões ontológicas dependem da conceitualização do domínio.
Benevides e Guizzardi (2009)	Desenvolver ontologias em uma linguagem de modelagem filosófica cognitivamente bem-fundamentada.	Editor gráfico para OntoUML	Não contempla desenvolvimento colaborativo de ontologias.
Benevides et al. (2010)	Avaliar se o modelo especificado viola o modelo pretendido, através da validação de modelos conceituais em OntoUML.	Conjunto de ferramentas integradas	Não permite argumentações sobre a solução proposta pelo método.
GLIMM et al., 2010	Representar características pretendidas ao domínio e avaliar a taxonomia.	-	Indica violações na taxonomia, porém não oferece sugestões para correção da mesma.

Apesar das abordagens apresentadas buscarem tornar transparente a aplicação da *OntoClean* e facilitar o seu uso, nenhuma delas refere-se ao contexto do desenvolvimento colaborativo de ontologias, nem com relação ao seu uso no processo de negociação/argumentação.

No método CAMIO são fornecidos conselhos durante ou após a construção do modelo conceitual, buscando melhorar a modelagem conceitual em si, e dessa forma, diminuir a carga cognitiva dos participantes, tentando expressar com maior precisão a intenção da conceitualização dos participantes de uma maneira formal e concisa.

6 CONCLUSÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

A principal diferença entre o método proposto nesta tese e as atuais abordagens de argumentação utilizadas no desenvolvimento colaborativo de ontologias refere-se à formalização do processo de argumentação para oferecer justificativas capazes de fundamentar e apoiar as decisões de modelagens tomadas pelo modelador, facilitando e favorecendo o alcance do consenso.

Tal formalização é obtida com a aplicação de metapropriedades fornecidas pela metodologia *OntoClean*, que são embasadas em princípios filosóficos gerais que auxiliam os usuários a tornar explícitas partes de seus modelos conceituais (modelos mentais) ajudando a esclarecer o significado pretendido aos elementos de uma ontologia. Então, como um resultado desta pesquisa, buscou-se reduzir a distância entre o modelo pretendido e o modelo especificado, obtendo-se uma representação mais adaptada à intenção da conceitualização e produzindo-se ontologias mais corretas de forma colaborativa.

A metodologia *OntoClean* foi escolhida para viabilizar o método proposto porque é uma das mais bem conceituadas abordagem dirigida à avaliação formal de ontologias (GLIMM et al., 2010; VÖLKER et al., 08), a qual busca explicar o conteúdo intencional (através do uso das metapropriedades) na definição dos conceitos, assim como leva em conta esta intenção na verificação da estrutura taxonômica dos conceitos da ontologia.

A busca por uma aplicação transparente da *OntoClean* (através do uso dos *templates*) visa facilitar a sua utilização reduzindo a carga cognitiva necessária para a aplicação desta metodologia, considerada difícil para usuários inexperientes.

Diferentemente da *OntoClean*, outras metodologias disponíveis para validar taxonomias, tratam da consistência estrutural (com relação às construções permitidas para compor os elementos de uma ontologia) e da consistência lógica (com relação à verificação da existência de informações contraditórias) das ontologias. A metodologia *OntoClean* concentra-se na validação dos relacionamentos de subsunção baseado-se no significado pretendido aos seus argumentos em termos de metapropriedades definidas, em oposição ao foco sobre similaridades estruturais entre as descrições de propriedade, como outras metodologias o fazem.

Outro ponto importante, é que este trabalho fornece suporte para o desenvolvimento colaborativo de ontologias, particularmente nas fases de especificação e conceitualização. Por realizar um processo de avaliação na modelagem conceitual, o CAMIO evita a propagação de

erros em atividades subsequentes no ciclo de vida da engenharia de ontologias. Ao propor a correção de uma perspectiva de modelagem, busca-se garantir a validade da ontologia com relação à sua formalidade (regras ontológicas) e incentivar o desenvolvimento de ontologias limpas. Assim, a verificação e validação da ontologia consensual que está sendo desenvolvida é realizada em tempo real pelo método, ou seja, conforme os participantes especificam a ontologia a mesma já está validada.

Segundo Braun et al. (2007a) pesquisas baseadas na teoria da ação sugerem que a colaboração tem um papel mais importante antes da formalização das ontologias, como é a proposta do método CAMIO. Assim como Meersman (1999) afirma que as experiências mostram que é muito mais difícil alcançar o consenso sobre regras de um domínio do que sobre a conceitualização de um domínio. Além disso, por estar situado especificamente na fase de conceitualização/argumentação para resolução de divergências, o método aqui proposto pode ser usado independentemente da metodologia de engenharia de ontologias adotada.

A questão da avaliação de ontologias ainda é bastante divergente. Essa questão é ainda mais complicada quando se trata de verificar a redução da distância entre modelos, porque existe a dependência de uma semântica externa, que está embutida nos seres humanos, a qual é difícil de explicitar. Os trabalhos existentes na literatura que buscam uma aproximação da distância entre modelos na sua maioria usam medidas subjetivas, obtidas através da resposta dos participantes a questionários. Entretanto é difícil determinar quais são os usuários aptos a avaliar a ontologia e quais são os critérios que estes usuários utilizam em suas avaliações. Quando os trabalhos usam medidas quantitativas, as medidas de precisão e cobertura são as mais usadas. Guarino (2004) adapta as medidas de precisão e *coverage* utilizando indicadores com valores obtidos sobre modelos de mundos pretendidos, porém é bastante difícil obter-se estes modelos em projetos reais, mesmo em se tratando de uma amostra de conjunto de resultados esperados.

Nos experimentos realizados com o método CAMIO utilizaram-se avaliações subjetivas, assim como as medidas de precisão e cobertura com uma adaptação de seus indicadores, para contemplar as medições de posição taxonômica e da atribuição das metapropriedades *OntoClean*. Neste trabalho, quando se propõe alcançar o consenso através da uma fundamentação ontológica espera-se reduzir a distância entre modelos por dois motivos: primeiro porque representar um conhecimento que é compartilhado por uma comunidade implica na existência de um maior aprofundamento do significado que se quer atribuir a este conhecimento para que se possa alcançar o consenso sobre o mesmo, e segundo

porque a proposta é que as distinções ontológicas possam ajudar a guiar a reflexão necessária a esse processo.

Com o decorrer dos estudos e dos experimentos constatou-se que a metodologia *OntoClean* é realmente difícil de entender, explicar e aplicar, e requer um conhecimento aprofundado de suas características, não sendo fácil realizar uma aplicação transparente da mesma, pela carga de conhecimentos que é necessária para sua aplicação.

De acordo com os resultados obtidos com a realização dos seis experimentos (apresentados no Capítulo 5) tem-se um indicativo de que o método proposto contribui para a redução da distância conceitual entre modelos, pois o uso do CAMIO exige dos participantes uma reflexão mais profunda do que se quer representar, e essa reflexão é fundamental para a percepção de quais características ajudam a desambiguar as conceitualizações através da aplicação de suas distinções ontológicas.

Quando encontramos diferentes atribuições de metapropriedades tem-se uma clara evidência de que não existe um acordo sobre o entendimento do conceito representado pelo termo, pois um mesmo termo não pode representar diferentes conceitos para diferentes pessoas. Com o uso da *OntoClean* essas diferenças são apresentadas e os participantes precisam chegar a um entendimento comum para conseguir compartilhar o significado dos elementos do domínio e, assim, primar pela criação de ontologias que realmente sejam “compartilhadas”.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Com o desenvolvimento desta tese surgiram possibilidades de pesquisas e trabalhos futuros, dando, assim, continuidade a este trabalho.

Um destes trabalhos futuros é relativo buscar formas de proporcionar um melhor entendimento dos *templates* utilizados para a aplicação das metapropriedades *OntoClean*. Outra proposta é referente à adição de formas complementares para realizar a atribuição das metapropriedades *OntoClean* como, por exemplo, através da elaboração e uso de cenários alternativos para demonstrar o significado e o uso das metapropriedades quando os *templates* não forem suficientes compreensíveis pelos participantes. Neste caso, os participantes podem recorrer aos cenários correlacionados para melhorar a compreensão de uma ideia ou argumento fornecido pelo CAMIO. Outra opção neste sentido refere-se à criação de um glossário para auxiliar no entendimento do significado dos termos utilizados.

Outro trabalho refere-se ao uso de técnicas complementares para facilitar a convergência dos participantes para uma decisão, auxiliando no alcance do consenso, utilizando-se, por exemplo, técnicas de negociação baseadas em pré-consenso (BAGHERI; GHORBANI, 2009), fornecendo um auxílio extra aos usuários indecisos com relação à melhor solução a ser escolhida.

Devido ao fato da metodologia *OntoClean* ter sido concebida para avaliar e validar exclusivamente a taxonomia de conceitos, os outros elementos componentes das ontologias, tais como, relacionamentos e instanciação não são tratados pelo método, então se propõe o tratamento de divergências resultantes de:

- Relacionamentos com diferentes atribuições de domínio e imagem,
- Indivíduos localizados em diferentes conceitos.

Outro trabalho futuro refere-se à possibilidade de refinar as metapropriedades *OntoClean* através da aplicação de novas relações binárias fundamentais, tais como, *parthood*, *location* e outros tipos de **essencialidade** tais como os propostos na *OntoClean 2.0* (apresentados no Anexo A).

Com relação às avaliações, intui-se que um maior aprofundamento no entendimento de como funcionam as estruturas cognitivas humanas pode levar à criação de avaliações alternativas à verificação do grau de aproximação da distância entre modelos (um exemplo é o trabalho de Evermann e Fang (2010)), sendo este um ponto a ser melhor investigado.

Outros trabalhos futuros são relacionados à realização de novos experimentos, em que seja possível aferir a cobertura das O_c , ou seja, com participantes que possam realizar a engenharia de ontologias de forma completa, tendo em vista que esta medida é muito importante na verificação da captura dos modelos pretendidos.

Outro trabalho futuro refere-se à criação de uma nova versão do protótipo, mais segura, simplificada, disponibilizada com acesso livre a toda comunidade, como forma de obter *feedbacks* e críticas para melhoramentos do método.

REFERÊNCIAS

ANGELETOU, Sofia; SABOU, Marta; SPECIA, Lucia; MOTTA, Enrico. Bridging the Gap Between Folksonomies and the Semantic Web: An Experience Report. **In: Workshop Bridging the Gap between Semantic Web and Web 2.0, 4th European Semantic Web Conference**, p. 30-43, Innsbruck, Austria, 2007.

ASCHOFF, Felix-Robinson; SCHMALHOFER, Franz; ELST, Ludger van. Knowledge Mediation: A Procedure for the Cooperative Construction of Domain Ontologies. **In: Proceedings of the ECAI-2004, Workshop on Agent-mediated Knowledge Management**, p. 29-38, 2004.

BAGHERI, Ebrahim; GHORBANI, Ali A. **A belief-theoretic framework for the collaborative development and integration of para-consistent conceptual models**. The Journal of System and Software, n. 82, p. 707-729, 2009.

BALDONI, Matteo; BAROGLIO, Cristina; HORVÁTH, András; PATTI, Viviana; PORTIS, Flavio; AVILIA, Maurizio; GRILLO, Pierluigi. Folksonomies meet ontologies in ARSMETEO: From social descriptions of artifacts to emotional concepts. **In: Proceedings of Formal Ontologies Meet Industry (FOMI)**. Torino, Italy, jun. 2008.

BENEVIDES, Alessandro B.; GUIZZARDI, Giancarlo. A model-based tool for conceptual modeling and domain ontology engineering in OntoUML. **In: 11th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2009)**. Milão. Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP). v. 24. p. 528-537, Berlin: Springer-Verlag, 2009.

BENEVIDES, Alessandro B.; GUIZZARDI, Giancarlo.; BRAGA, Bernardo F. B.; ALMEIDA, João Paulo A. **Validating modal aspects of OntoUML conceptual models using automatically generated visual world structures**. Journal of Universal Computer Science, Special Issue on Evolving Theories of Conceptual Modeling, Editors: Klaus-Dieter Schewe and Markus Kirchberg, 2010.

BESANA, Paolo; ROBERTSON Dave. How Service Choreography Stastics Reduce the Ontology Mapping Problem. **In: International Semantic Web Conference (ISWC)**. Busan, Korea, 2007.

BESNARD, Philippe; HUNTER, Anthony. **Elements of Argumentation**. MIT Press, ISBN: 9780262026437, 2008.

BOUQUET, Paolo; EUZENAT, Jérôme; FRANCONI, Enrico; SERAFINI, Luciano; STAMOU, Giorgos; TESSARIS, Sergio. **D2.2.1 Specification of a common framework for characterizing alignment, Technical Report DIT-04-090**, Ingegneria e Scienza dell'Informazione, University of Trento, 2004. Disponível em: <<http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/phi/pub/kweb-221.pdf>>. Acesso em: março 2012.

BRAUN, Simone; SCHMIDT, Andreas; WALTER, Andreas; NAGYPAL, Gabor; ZACHARIAS, Valentin. Ontology Maturing: a collaborative web 2.0 approach to ontology engineering. **In: 16th International World Wide Web Conference (WWW 07), Proceedings of the Workshop on Social and Collaborative Construction of Structured Knowledge (CKC 2007)**. Banff, Canada, 2007a.

BRAUN, Simone; SCHMIDT, Andreas; WALTER, Andreas; ZACHARIAS, Valentin. The ontology maturing approach to collaborative and work-integrated ontology development: evaluation results and future directions. **In: 6th International Semantic Web Conference ISWC, Proceedings of the 1st International Workshop on Emergent Semantics and Ontology Evolution (ESOE-2007)**. Busan, Korea, November 12, 2007b.

BREWSTER, Christopher; ALANI, Harith; DASMAHAPATRA, Srinandan; WILKS, Yorick. Data-driven ontology evaluation. **In: Proceedings of LREC**. 2004.

BRUIJN, Jos de; MARTÍN-RECUERDA, Francisco; MANOV, Dimitar; EHRIG, Marc. **State-of-the-art survey on ontology merging and aligning, Sekt deliverable D4.2.1**. Digital Enterprise Research Institute, University of Innsbruck, 2004. Disponível em: <<http://www.sti-innsbruck.at/sites/default/files/D4.2.1.pdf>> . Acesso em: fevereiro 2012>.

CASTRO, Alexander G.; NORENA, Angela; BETANCOURT, Andres; RAGAN, Mark A. Cognitive support for an argumentative structure during the ontology development process. **In: 9th International Protégé Conference**. 24-26 July 2006, p. 85-88, Stanford, California, 2006.

CHALUPSKY, Hans. Ontomorph: A translation system for symbolic knowledge, principles of knowledge representation and reasoning. **In: Proceedings of the 7th International Conference (KR2000)**. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 2000.

CUNHA, Luísa M. A. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. Dissertação, Programa de Mestrado em Probabilidades e Estatística da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1229/1/18914_ULFC072532_TM.pdf> . Acesso em: março 2010>.

EHRIG, Marc; SURE, York. Ontology mapping - an integrated approach. **In: Proceedings of the First European Semantic Web Symposium (ESWS)**. p. 76-91, 2004.

ELLIS, Clarence A.; GIBBS, Simon J.; REIN, Gail. **Groupware: Some issues and experiences**. Communications of ACM, v. 34, n. 1, p. 39-58, 1991.

EUZENAT, Jérôme. Building consensual knowledge bases: context and architecture. **In: 2nd international conference on building and sharing very large-scale knowledge bases (KBKS)**. Enschede (NL), Amsterdam (NL), IOS press, 1995.

EUZENAT, Jérôme; SHVAIKO, Pavel. **Ontology Matching**. Berlin Heidelberg (DE): Springer-Verlag, 2007.

EVERMANN, Joerg; FANG, Jennifer. **Evaluating ontologies: Towards a cognitive measure of quality**. Information Systems Journal, v. 35, Issue 4, p. 391-403, Elsevier, 2010.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Mariano; GÓMEZ-PÉREZ, Asunción. The integration of *OntoClean* in WebODE. **In: Proceedings of the EON2002, Workshop at 13th EKA W**, Sigüenza, Spain, 2002.

FREDDO, Ademir R.; TACLA, Cesar A. **Evaluation of a method for partial ontology alignment in multi-agent system**. International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems, v.1, n. 3/4, p. 132-146, 2009.

GANGEMI, Aldo; CATENACCI, Carola; CIARAMITA, Massimiliano; LEHMANN, Jos. Modelling Ontology Evaluation and Validation. **In: Proceedings of the 3rd European conference on The Semantic Web: research and applications, ESWC'06**. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, p. 140-154, 2006.

GANGEMI, Aldo; LEHMANN, Jos; PRESUTTI, Valentina; NISSIM, Malvina; CATENACCI, Carola. C-ODO: an OWL meta-model for collaborative ontology design. **In: Workshop on Social and Collaborative Construction of Structured Knowledge CKC 2007 at WWW 2007**. Banff, Canada, 2007.

GLIMM, Birte; RUDOLPH, Sebastian; VÖLKER, Johanna. Integrated Metamodeling and Diagnosis in OWL 2. **In: The Semantic Web – ISWC 2010, Lecture Notes in Computer Science**. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, p 257-272, 2010.

GRESHAM, Jon N. **Expressed Satisfaction with the Nominal Group Technique Among Change Agents**. PhD thesis, Texas A&M University, 1986. Obtido em: <<http://cogprints.org/4767/1/Gresham.pdf>>. Acesso em: abril 2011.

GRUDIN, Jonathan. **Computer-supported cooperative work: history and focus.** Computer, v. 27, n. 5, p. 19-26, 1994.

GUARINO, Nicola. Formal ontology in information systems. **In: 1st International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98).** Trento, Italy. Amsterdam: IOS Press, p. 3-15, 1998.

_____ **The Role of Identity Conditions in Ontology Design.** Spatial Information Theory, Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information, Science Lecture Notes in Computer Science, v. 1661, p. 221-234, 1999.

_____ **Toward a Formal Evaluation of Ontology Quality.** IEEE intelligent Systems, 19(4), p.78-79, 2004.

_____ **The Ontological Level: revisiting 30 years of knowledge representation.** Conceptual Modeling: Foundations and Applications, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, p. 52-67, 2009.

GUARINO, Nicola; WELTY, Chris. Eds. A. Laender and V. Storey. Ontological analysis of taxonomic relationships. **In: Proceedings of ER-2000: The International Conference on Conceptual Modeling.** October, 2000. Springer-Verlag, LNCS, 2000a.

_____ A formal ontology of properties. Eds. Dieng, R., and Corby, O. **In: Proceedings of EKAW-2000: The 12th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management.** Springer-Verlag LNCS, v. 1937, p. 97-112, 2000b.

_____ **Evaluating ontological decisions with *OntoClean*.** Communications of The ACM, v. 45, n. 2, February, 2002.

_____ Eds. Steffen Staab and Rudi Studer. **An overview of *OntoClean*.** The Handbook on Ontologies. Berlin:Springer-Verlag, (Hardcopy), p. 151-172, 2004.

GUARINO, Nicola; Oberle, Daniel; Staab, Steffen. **What is an Ontology?** In S. Staab and R. Studer (eds.), Handbook on Ontologies, Second Edition. International handbooks on information systems. Springer Verlag, p. 1-17, 2009.

GUIZZARDI, Giancarlo; WAGNER, Gerd; GUARINO, Nicola; SINDEREN, Marten van. An Ontologically Well-Founded Profile for UML Conceptual Models. **In: Advanced Information Systems Engineering, Proceedings of 16th Intl. Conf. CAISE 04.** Springer Verlag, Berlin: 112-126, 2004.

GUIZZARDI, Giancarlo. **Ontological Foundations for Structural Conceptual Models.** Telematica Instituut Fundamental Research Series, n. 15, Universal Press, The Netherlands, 2005.

GUIZZARDI, Giancarlo; GRAÇAS, Alex P.; GUIZZARDI, Renata S. S. **Design Patterns and Inductive Modeling Rules to Support the Construction of Ontologically Well-Founded Conceptual Models in OntoUML.** Advanced Information Systems Engineering Workshops, Lecture Notes in Business Information Processing, v. 83, p 402-413, 2011.

HEPP, Martin. Ontologies: State of the Art, Business Potential, and Grand Challenges. **In: Ontology Management: Semantic Web, Semantic Web Services, and Business Applications.** ISBN 978-0-387-69899-1, Springer, p. 3-22, 2007.

HUNTER, Anthony. Real arguments are approximate arguments. **In: Proceedings of the 22nd National Conference on Artificial intelligence, AAAI'07.** V. 1, p. 66-71, 2007.

JÄSCHKE, Roberto; HOTHO, Andreas; SCHMITZ Christoph; GANTER, Bernhard; STUMME Gerd. Discovering shared conceptualizations in folksonomies. **In: Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web.** v. 6, n. 1, Semantic Web and Web 2.0, p. 38-53, 2008.

JARRAR, Mustafa; MEERSMAN; Robert. Formal Ontology Engineering in the DOGMA Approach. **In Proceedings of the International Conference on Ontologies, Databases and Applications of Semantics (ODBase 02).** Springer Verlag, LNCS 2519, p. 1238–1254, 2002.

JIMÉNEZ RUIZ, Ernesto; BERLANGA, Rafael A. A view-based methodology for collaborative ontology engineering: an approach for complex applications (VIMethCOE). **In: Proceedings of the 15th IEEE International workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, WETICE'96.** p. 376-381, 2006.

JIMÉNEZ RUIZ, Ernesto; CUENCA GRAU, Bernardo; BERLANGA, Rafael. **Supporting concurrent ontology development: Framework, algorithms and tool.** Data & Knowledge Engineering , v. 70, n.1, p.146-164, January 2011.

KALFOGLOU, Yannis; ROBERTSON, David. **Use of Formal Ontologies to Support Error Checking in Specifications.** Knowledge Acquisition, Modeling and Management, Lecture Notes in Computer Science, Volume 1621, 1999, pp 207-224.

KALYANPUR, Aditya; PARSIA, Bijan; SIRIN, Evren; CUENCA GRAU, Bernardo; HENDLER, James. **Swoop: A Web Ontology Editing Browser**. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, v. 4, Issue 2, June 2006, p 144–153, 2006.

KARAPIPERIS, Stelios; APOSTOLOU, Dimitris. **Consensus building in collaborative ontology engineering processes**. *Journal of Universal Knowledge Management*, v. 1, n. 3, p. 199-216, 2006.

KOTIS, Konstantinos; VOUIROS, George A. **Human-Centered Ontology Engineering: the HCOME Methodology**. *International Journal of Knowledge and Information Systems (KAIS)*, Springer, 10(1), p. 109-131, 2006.

KUNZ, Werner; RITTEL, Horst W.J. **Issues as elements of information systems**. Working Paper 131, Institute of Urban and Regional Development, University of California, 1970.

LEENHEER, Pieter de; DEBRUYNE, Christophe. **DOGMA-MESS: A tool for fact-oriented collaborative ontology evolution**. In: **On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2008**. Workshops, Lecture Notes in Computer Science, v. 5333, p. 797-806, 2008.

LINHARES, Giovana B.R., BORGES, Marcos R. S. e ANTUNES, Pedro. **Negotiation-Collaboration in Formal Technical Reviews**. In: **'CRIWG'**. Springer, p. 344-356, 2009.

MALUCELLI, Andreia; PALZER, Daniel; OLIVEIRA, Eugénio. **Ontology-based services to help solving the heterogeneity problem in e-commerce negotiations**. *Electronic Commerce Research and Applications*, v. 5, n. 3. Elsevier Press, p. 29-43, 2005.

MANN, Willam C.; THOMPSON, Sandra A. **Rhetorical structure theory: A theory of text organization**. *The Structure of Discourse*, v. 8, Ablex Publishing Corporation, Norwood, N.J., 1987.

MEERSMAN, Robert. **Semantic ontology tools in IS designs**. In: **Proceedings of the Ra's. ISMIS 1999**. V. 1609, p. 30–45. Springer, Heidelberg, 1999.

NONAKA, Ikujiro; TOYAMA, Ryoko; KONNO, Noboru. **SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation**. *Long Range Planning*, v. 33, Issue 1, p. 5–34, 2000.

NOY, Natalya. **The *OntoClean* Ontology in Protégé**. 2003.

Disponível em:

<<http://protege.stanford.edu/ontologies/OntoClean/OntoCleanOntology.html>>. Obtido em: outubro 2010.

NOY, Natalya; MUSEN, Mark A. Anchor-PROMPT: Using Non-Local Context for Semantic Matching. **In: Proceedings of the Workshop on Ontologies and Information Sharing at the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)**. 2001.

PALMA, Raúl; CORCHO, Oscar; GÓMEZ-PÉREZ, Asunción; HAASE, Peter. A holistic approach to collaborative ontology development based on change management. **In: Proceedings of the Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web**. v. 9, 3, p. 299-314, 2011.

PETERS, Wim; GANGEMI, Aldo. **Practical Methods to Support Collaborative Ontology esign. NEON Deliverable D2.3.2**. 2009. Disponível em: <http://www.neon-project.org/deliverables/WP2/NeOn_2009_D232.pdf>. Acesso em: outubro 2012>.

POTTS, Colin; BRUNS, Glenn. Recording the reasons for design decisions. **In: Proceedings of the ICSE/1988**. P. 418–427, 1988

RAMA, Jiten; BISHOP, Judith. A survey and comparison of CSCW Groupware Applications. **In: Proceedings of the 2006 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT Research in Developing Countries**. South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists, Somerset West, South Africa, p. 198-205, 2006.

SHOHAM, Yoav; LEYTON-BROWN, Kevin. **Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations**. 2009. Disponível em: <<http://www.masfoundations.org/mas.pdf> >. Acesso em: março 2011.

SILVA, Edna L.; MENEZES, Estera M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual., Florianópolis, UFSC, 2005.

SLEEMAN, Derek; REUL, Quentin H. CleanONTO: Evaluating Taxonomic Relationships in Ontologies. **In: Proceedings 4th International EON Workshop on Evaluation of Ontologies for the Web**. Edinburgh, Scotland, 2006.

SPECIA, Lucia; MOTTA, Enrico. Integrating Folksonomies with the Semantic Web. **In: European Semantic Web Conference (ESWC). The Semantic Web: Research and Applications**. LNCS 4519, p. 503-17, Springer, Heidelberg, 2007.

SUÁREZ-FIGUEROA, Mari C.; AGUADO DE CEA, Guadalupe; BUIL, Carlos; DELLSCHAFT, Klaas; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Mariano; GARCÍA, Andrés; GÓMEZ-PÉREZ, Asunción; HERRERO, German; MONTIEL-PONSODA, Elena; SABOU, Marta;

VILLAZON-TERRAZAS, Boris; YUFEI, Zheng. **NeOn Methodology for Building Contextualized Ontology Networks. NEON Deliverable D5.4.1.** 2008. Disponível em: <http://www.neon-project.org/web-content/images/Publications/neon_2008_d5.4.1.pdf>. Acesso em março 2013.

SURE, York; ANGELE, Juergen; STAAB, Steffen. **OntoEdit: Multifaceted inferencing for ontology engineering.** Journal on Data Semantics, 1, p. 128–152, 2003.

TEMPICH, Christoph; PINTO, H. Sofia; SURE, York; STAAB, Steffen. An argumentation ontology for DIstributed, Loosely-controlled and evolVInG Engineering processes of oNTologies (DILIGENT). **In: The Semantic Web: Research and Applications – Lecture Notes in Computer Science.** n.1, p. 241-256, 2005.

THALHEIM, Bernhard. **Towards a Theory of Conceptual Modelling.** Journal of Universal Computer Science, vol. 16, n. 20, 3102-3137, 2010.

TUDORACHE, Tania; NOY, Natalya F.; TU, Samson W.; MUSEN, Mark A. Supporting collaborative ontology development in Protégé. **In: International Semantic Web Conference (ISWC 2008).** v. 5318, p. 17-32, 2008.

VIDAL, José M. **Fundamentals of Multiagent Systems: Using NetLogo Models.** 2006. Disponível em: <<http://www.multiagent.com>>. Acesso em: Dezembro/2010.

VöLKER, Johanna; VRANDECÍĆ, Denny; SURE, York; HOTHÖ, Andreas. **AEON – An approach to the automatic evaluation of ontologies.** Applied Ontology, v. 3, IOS Press, p. 41–62, 2008.

WANG, Peng; XU, Baowen. **Lily: The Results for the Ontology Alignment Contest.** Ontology Alignment Evaluation Initiative (OAEI), 2007.

WELTY, Christopher. OntOWLClean: Cleaning OWL ontologies with OWL. **In: Proceedings of the Fourth International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2006).** IOS Press Amsterdam, The Netherlands, p. 347-359, 2006.

WELTY, Christopher; ANDERSEN, William. **Towards OntoClean 2.0: A framework for rigidity.** Journal of Applied Ontology, v. 1, Issue 1, p. 107-116, January, 2005

WELTY, Christopher; GUARINO, Nicola. **Supporting ontological analysis of taxonomic relationships.** Data & Knowledge Engineering, v. 39, p 51-74, 2001.

WELTY, Christopher; MAHINDRU, Ruchi; CHU-CARROLL, Jennifer. Evaluating ontology cleaning. **In: Proceedings of the 19th national conference on Artificial intelligence (AAAI'04)**. AAAI Press, p. 311-316. 2004.

ANEXO A

Este Apêndice representa as variações propostas à metapropriedade essencialidade na versão *OntoClean 2.0*.

Originalmente a Rigidez descrevia as condições sob as quais a exemplificação das propriedades por suas instâncias eram necessárias ou essenciais. Porém a maior crítica a esta metapropriedade refere-se a falhas em capturar elementos chaves como tempo e existência atual.

Como a formalização das metapropriedades é feita combinando-se S5+BF, para as variações apresentadas, tem-se a necessidade de introdução de um predicado de existência atual (E), como oposto a existência lógica, que indica que algum objeto atualmente existe em um particular mundo possível. O predicado de existência unária indica uma existência independente de tempo, enquanto o predicado binário indica uma existência em um tempo particular em um mundo possível. A seguir são apresentadas as variações propostas na *OntoClean 2.0*.

Rigidez Básica

A **rigidez** básica é independente da existência e do tempo, e descreve propriedades que possuem as mesmas extensões em todos os mundos possíveis:

$$\forall x \diamond \phi(x) \rightarrow \Box \phi(x)$$

Rigidez Existencial

A **rigidez** existencial somente se aplica a entidades que existem (através do uso do predicado de existência atual (E)), assim uma propriedade ϕ carrega **rigidez** existencial quando, em qualquer mundo possível em que uma instância da propriedade existir, ela instanciar a propriedade:

$$\forall x \diamond \phi(x) \rightarrow \Box (E(x) \rightarrow \phi(x))$$

Rigidez Existencial Atual

A **rigidez** existencial atual somente se mantém para instâncias que existem de fato:

$$\forall x \diamond \phi(x) \rightarrow \Box (E(x) \leftrightarrow \phi(x))$$

Rigidez Temporal

A **rigidez** temporal especifica que as instâncias de uma propriedade permanecem por todo tempo em todos os mundos possíveis:

$$\Box \forall x t \phi(x, t) \rightarrow \Box \forall t' \phi(x, t')$$

Rigidez Semi-Temporal

A **rigidez** semi-temporal considera o tempo como uma linha, infinita em ambas as direções temporais (passado e futuro), e especifica que quando uma propriedade inicia-se para alguma instância, ela o faz daquele tempo pra frente:

$$\forall x t \Diamond \phi(x, t) \rightarrow \Box \exists t_s \forall t' (t' < t_s \rightarrow \neg \phi(x, t')) \wedge (t' > t_s \rightarrow \phi(x, t'))$$

Rigidez Efêmera

A **rigidez** efêmera especifica que uma instância exibe uma propriedade por um período de tempo finito e contínuo (entre o início e o fim):

$$\forall x t \Diamond \phi(x, t) \rightarrow \Box \exists t_s t_f \forall t' (t_s < t_f \wedge (t' < t_s \rightarrow \neg \phi(x, t')) \wedge (t' > t_f \rightarrow \neg \phi(x, t')) \wedge (t_s < t' < t_f \rightarrow \phi(x, t')))$$

Rigidez Temporal Atual

A **rigidez** temporal atual especifica que as propriedades se mantêm para as entidades somente em tempos e mundos onde elas existem. Assim é possível um objeto existir em um mundo em um tempo, sem nunca exemplificar a propriedade em questão:

$$\forall x t \Diamond \phi(x, t) \rightarrow \Box \forall t' (\phi(x, t') \rightarrow E(x, t'))$$

Rigidez Temporal Existencial Atual

A **rigidez** temporal existencial especifica que as propriedades somente se mantêm para entidades que existem atualmente e que instanciam a propriedade em todos os tempos (e somente nestes) e mundos em que existem:

$$\forall x t \Diamond \phi(x, t) \rightarrow \Box \forall t' \phi(x, t') \leftrightarrow E(x, t')$$

Rigidez Temporal Existencial

Especifica que nos mundos possíveis em que uma instância da propriedade existir em qualquer tempo, ela instancia a propriedade em todos os tempos:

$$\forall x t \diamond \phi(x, t) \rightarrow \Box (E(x) \rightarrow \forall t' \phi(x, t'))$$

Rigidez Semi-Temporal Existencial

A **rigidez** semi-temporal existencial especifica que nos mundos possíveis em que uma instância da propriedade existe, ela instancia a propriedade de algum tempo inicial para frente:

$$\forall x t \diamond \phi(x, t) \rightarrow \Box (E(x) \rightarrow \exists t_s \forall t' (t' < t_s \rightarrow \neg \phi(x, t')) \wedge (t' > t_s \rightarrow \phi(x, t')))$$

Rigidez Efêmera Existencial

A **rigidez** efêmera existencial especifica que uma ϕ -instância que tem existência atual em qualquer tempo em um dado mundo, exemplifica ϕ temporariamente:

$$\forall x t \diamond \phi(x, t) \rightarrow \Box (E(x) \rightarrow \exists t_s t_f \forall t' (t_s < t_f \wedge (t' < t_s \rightarrow \neg \phi(x, t')) \wedge (t' > t_f \rightarrow \neg \phi(x, t')) \wedge (t_s < t' < t_f \rightarrow \phi(x, t'))))$$

Permanência

É um novo tipo de metapropriedade que captura um critério de existência útil: a permanência, que especifica que um conceito carrega permanência se suas instâncias existem para todos os tempos nos mundos em que elas existem também:

$$\forall x \diamond \phi(x) \rightarrow \Box (E(x) \rightarrow \forall t E(x, t))$$

Semipermanência

Um conceito carrega semipermanência se suas instâncias existem de algum tempo para frente (o tempo de criação) e não existem antes deste tempo:

$$\forall x \diamond \phi(x) \rightarrow \Box (E(x) \rightarrow \exists t_c \forall t (t < t_c \rightarrow \neg E(x, t)) \wedge (t > t_c \rightarrow E(x, t)))$$

Efemeridade

Um conceito carrega efemeridade se suas instâncias existem para um período contínuo finito de tempo (entre o tempo de criação e destruição), e não existem fora deste período:

$$\forall x \diamond \phi(x) \rightarrow \Box (E(x) \rightarrow \exists t_c t_d \forall t (t_c < t_d \wedge (t < t_c \rightarrow \neg E(x,t)) \wedge (t > t_d \rightarrow \neg E(x,t)) \wedge (t_c < t < t_d \rightarrow E(x,t)))$$

ANEXO B

Muitos dos problemas encontrados nas ontologias disponíveis atualmente se referem aos relacionamentos de subsunção e suas implicações ontológicas decorrentes de escolhas taxonômicas incorretas. Levando em conta a teoria de **identidade**, Guarino (1999) discute algumas distinções ontológicas e princípios de engenharia de ontologias que podem auxiliar a produzir taxonomias de conceitos mais limpas, gerais e rigorosas do ponto de vista lógico.

A proposta leva em conta a simplificação da estrutura hierárquica do domínio pela divisão de alguns conceitos de acordo com **critérios de identidade** diferentes, ou pela exclusão de uma representação explícita destes conceitos devido ao seu papel taxonômico limitado.

A taxonomia de conceitos é considerada a espinha dorsal de uma ontologia, no entanto ela frequentemente reflete apenas uma relação léxica entre os conceitos, deixando de lado as implicações das relações ontológicas entre eles. Por exemplo, é habitual em ontologias linguísticas que a representação de polissemia seja feita através da herança múltipla, sobrecarregando a taxonomia. Outros exemplos de problemas nos relacionamentos referem-se à redução do sentido dos elementos, supergeneralização de termos, confusão e discordância de sentidos, atribuição de papéis incompatíveis.

Para auxiliar na resolução destes problemas, a proposta de Guarino (1999) é que os relacionamentos de subsunção sejam restritos a conceitos que compartilham de um **critério de identidade** comum, pois de acordo com (LOWE, 1989 *apud* GUARINO, 1999) nenhum indivíduo pode instanciar dois conjuntos se estes conjuntos possuem critérios de identidade diferentes a eles associados. Um **critério de identidade** para uma propriedade P é uma relação binária I_p tal que:

$$P_x \wedge P_y \wedge I_pxy \rightarrow x=y$$

Se para uma dada propriedade P é possível definir tal I_p , então P possui um **critério de identidade** para os seus indivíduos, o qual é determinado por suas condições essenciais. Porém, muitas vezes existe uma grande dificuldade no reconhecimento destas propriedades essenciais, ou seja, as condições usadas para definir a igualdade (condições suficientes), mas é relativamente fácil identificar condições que são implicadas pela igualdade (condições necessárias), que são necessárias para:

- Classificar uma entidade como indivíduo de um conceito,
- Individualizar uma entidade como um indivíduo distinto contável de um conceito,
- Identificar duas entidades em um determinado tempo (identidade sincrônica),

- Reidentificar um indivíduo do conceito através do tempo (persistência ou identidade diacrônica).

Estas condições necessárias podem envolver relações como a natureza de partes da entidade (constituição química da água), relacionamentos topológicos entre as partes (autoconexão de uma pedra), relacionamentos com regiões de tempo e espaço (ocupação da mesma região de espaço) ou a persistência de uma propriedade global durante o tempo (continuidade de uma certa forma), sendo que a decisão de atribuir alguma destas condições para um conceito irá depender da própria conceitualização de mundo.

Em uma ontologia são representados dois tipos de elementos, a saber:

- Particulares: representam as entidades do mundo a serem incluídas no universo de discurso,
- Universais: representam as propriedades e relações dos particulares.

Conforme a Figura 19 os particulares são divididos em localizações e objetos. Uma localização é uma região de espaço absoluto ou um intervalo de tempo absoluto. Um objeto é um particular que não tem localização.

Os objetos são concretos se possuem uma localização no tempo e/ou no espaço, caso contrário são abstratos. Os objetos concretos são divididos em *continuants* e ocorrentes. *Continuants* têm uma localização no espaço, mas esta localização pode variar com o tempo. Eles têm partes espaciais, mas não têm uma localização temporal, nem partes temporais. Eles sempre têm outros *continuants* como partes suas.

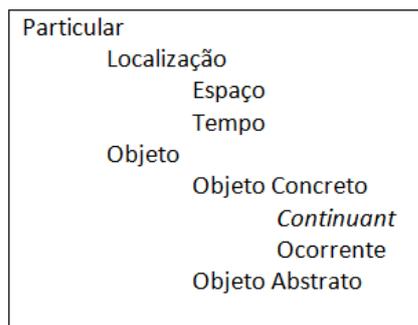


Figura 19 - Divisão dos particulares

Ocorrentes são gerados por *continuants*, de acordo com as maneiras que eles se comportam no tempo. Para um ocorrente existir, um *continuant* específico deve fazer parte dele. Se um *continuant* mudar sua identidade, o ocorrente também muda, de forma que os *continuants* são rigidamente dependentes.

Exemplos de ocorrentes são eventos comuns, como a mudança de local de um corpo, mas também a permanência de um corpo em um determinado local (um estado de ocorrência). Ocorrentes sempre terão outros ocorrentes como partes. Eles têm uma única localização temporal, enquanto a sua exata localização espacial muitas vezes não é clara.

Guarino (1999) também apresenta uma classificação de níveis ontológicos baseada em diferentes tipos de **critérios de identidade**, a qual corresponde a conjuntos disjuntos de particulares (entidades do mundo a serem incluídas no universo de discurso ou domínio) e de condições de persistência. Cada nível corresponde a classes disjuntas de **critérios de identidade** de acordo com o princípio de Lowe, e são apresentados a seguir:

- Atômico: entidades com dimensões espaciais ou temporais mínimas, de acordo com uma determinada granularidade dependente da conceitualização, sendo necessária uma continuidade espaço-temporal como condição necessária para sua **identidade**.
- Estático: todas as propriedades não temporais de um particular contribuem para a sua **identidade**: se uma destas propriedades mudar, a **identidade** é perdida. Neste nível apenas objetos muito peculiares são definidos, chamados configurações de átomos e situações (ocorrências de configurações). Os primeiros são continuantes, os últimos são ocorrentes.
- Mereológico: o **critério de identidade** é extensional, assim duas entidades são as mesmas, se e somente se, elas tiverem as mesmas partes (essencialismo mereológico). Regiões de espaço, intervalos temporais e quantidades de matéria pertencem a este nível. Níveis subsequentes são caracterizados por um **critério de identidade** intencional, no sentido de que a identidade mereológica não é nem suficiente nem necessária para a identidade.
- Físico: corresponde a **critérios de identidade** ligados às configurações espaciais da matéria (ou seja, propriedades topo-morfológicas). Ele pode ser dividido em duas camadas separadas:
 - Camada topológica: o **critério de identidade** é ligado a propriedades topológicas. Por exemplo, uma autoconexão topológica pode ser considerada como uma propriedade necessária para manter a **identidade**: um pedaço de matéria pertence a esta camada, enquanto que uma quantidade de matéria (eventualmente desconectada) pertence ao nível mereológico. As duas coisas são entidades distintas, já que um pedaço de

matéria pode deixar de existir (gerando novos pedaços), enquanto a mesma quantidade de matéria ainda está lá.

- o Camada morfológica: o **critério de identidade** é ligado a propriedades morfológicas (ou, em geral, propriedades gestálticas relacionadas à proximidade espacial), como formas espaciais ou padrões temporais. A alteração destas propriedades pode influenciar a **identidade**. Um bloco em forma de cubo é um exemplo de um indivíduo deste nível: se o bloco mudar de forma (acima de um certo limite) não é o mesmo cubo, enquanto continua a ser o mesmo pedaço de matéria.
- Funcional: o **critério de identidade** é ligado a propriedades funcionais e pragmáticas: a **identidade** é destruída quando a funcionalidade é destruída.
- Biológico: o **critério de identidade** é ligado a propriedades relacionadas com a vida: a **identidade** é destruída quando a atividade biológica cessa.
- Intencional: o **critério de identidade** é ligado à capacidade de um comportamento intencional: a **identidade** é destruída quando tal comportamento intencional termina.
- Social: o **critério de identidade** está ligado a regras e convenções sociais que envolvem a interação com objetos intencionais. A **identidade** é destruída quando algumas dessas regras mudam.

Com a introdução de conceitos disjuntos como solução para os principais problemas dos relacionamentos de subsunção têm-se algumas consequências tais como, um crescimento moderado do número de entidades no domínio, a necessidade de tratamento de outros relacionamentos tais como dependência, localização espaço-temporal comum e relacionamentos de constituição de vários tipos.

APÊNDICE A

A seguir são apresentadas algumas telas do protótipo *open-source CollArg*. O sistema pode ser acessado no endereço: <http://189.26.19.105:4000/forumweb> utilizando-se o usuário *guest1*, senha *guest1*.

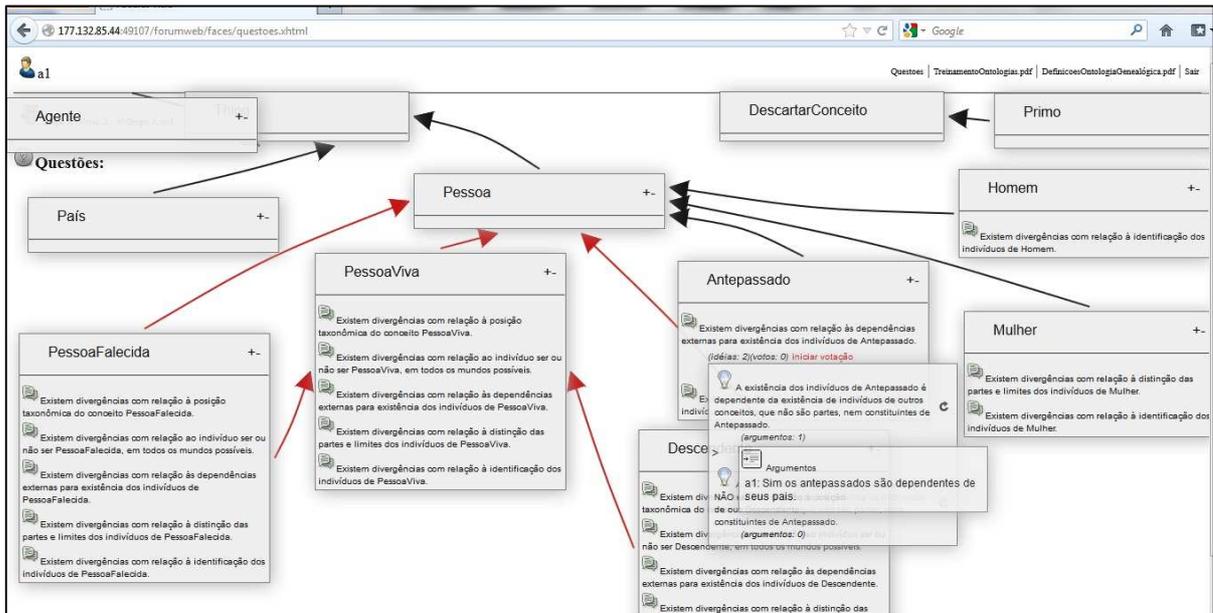


Figura 20 - Tela CAMIO: visualização de argumento

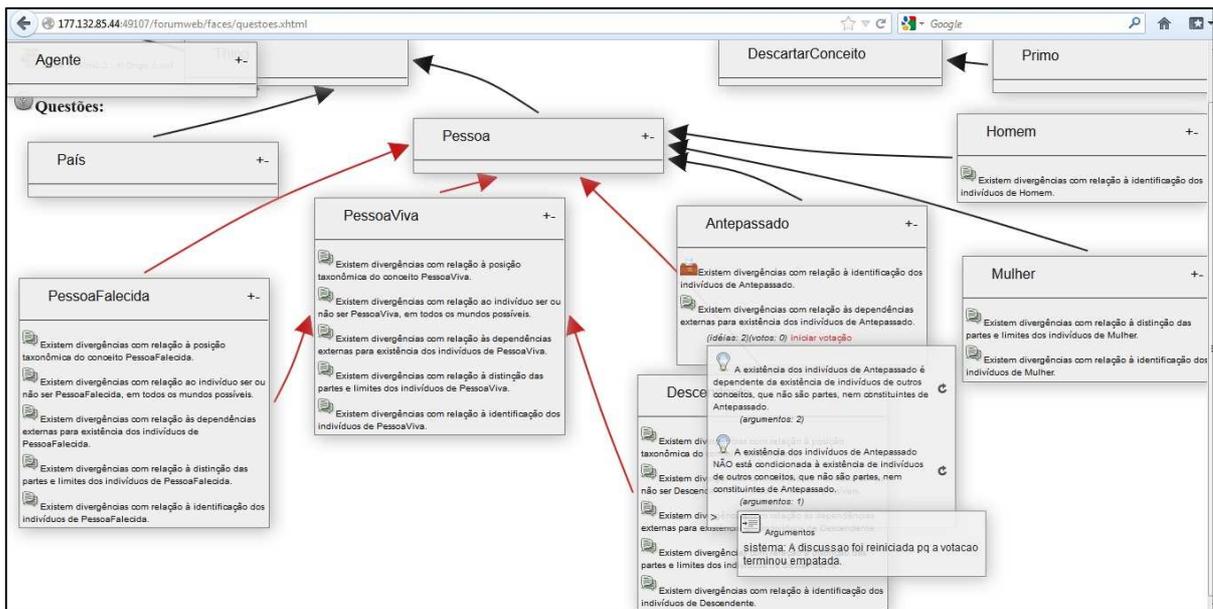


Figura 21 - Tela CAMIO: visualização de aviso de discussão finalizada em empate

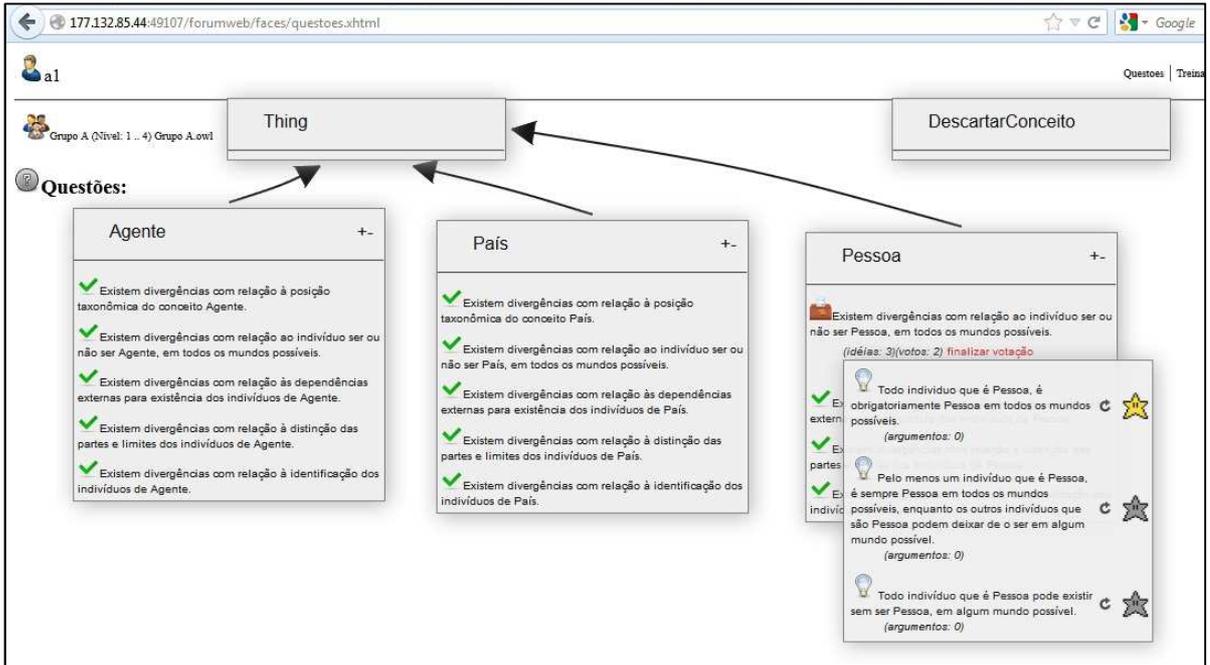


Figura 22 - Tela CAMIO: escolha de opção em votação

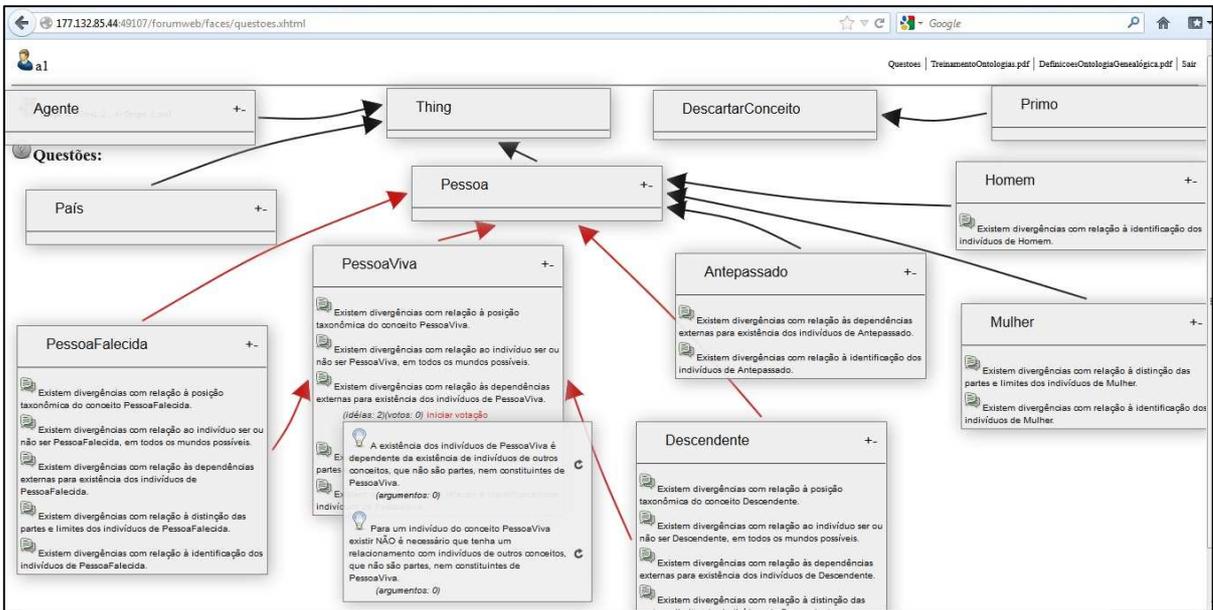


Figura 23 - Tela CAMIO: Nível 2, apresentação de ideia

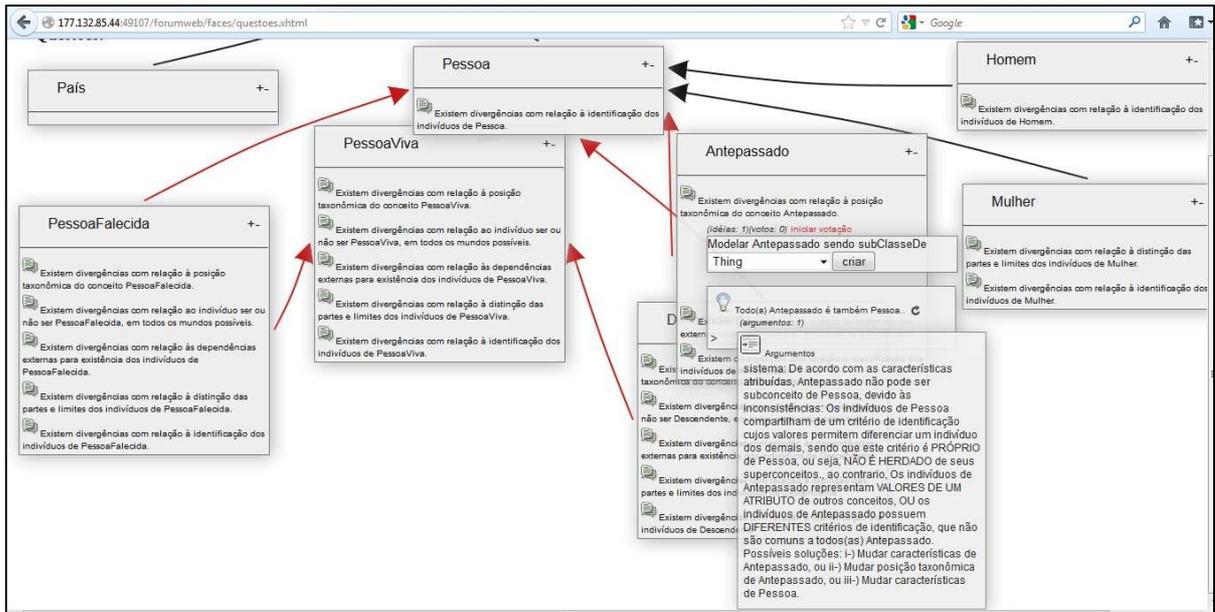


Figura 24 - Tela CAMIO: violação de restrição de metapropriedade, aviso na posição taxonômica do conceito

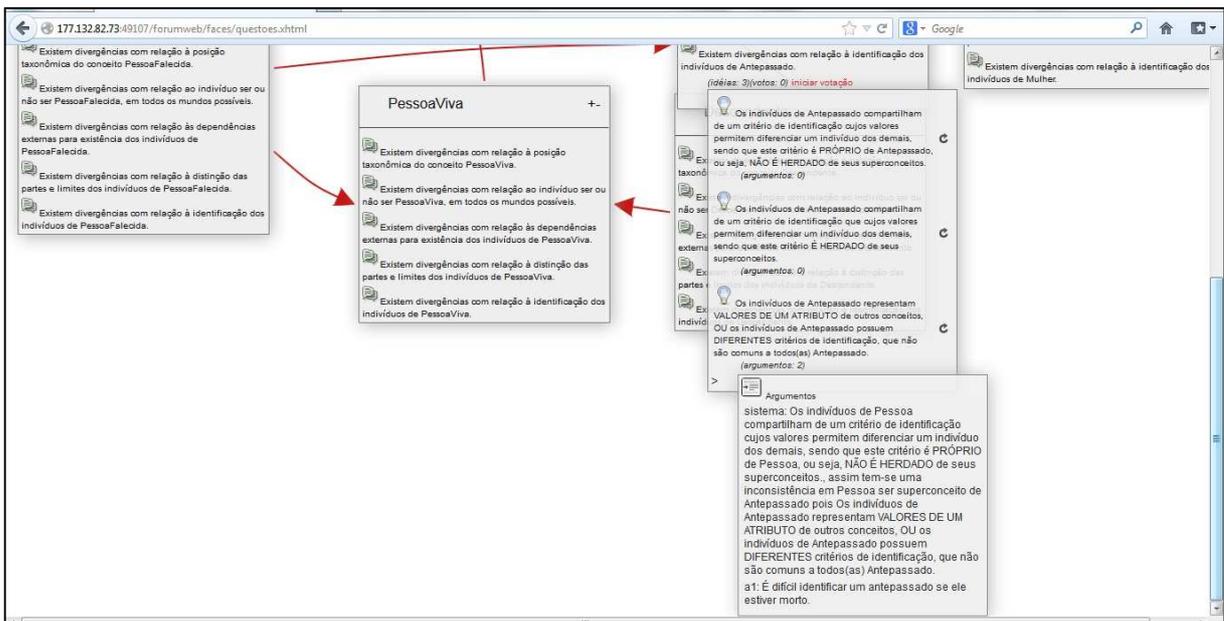


Figura 25 - Tela CAMIO: violação de restrição de metapropriedade, aviso na metapropriedade do conceito

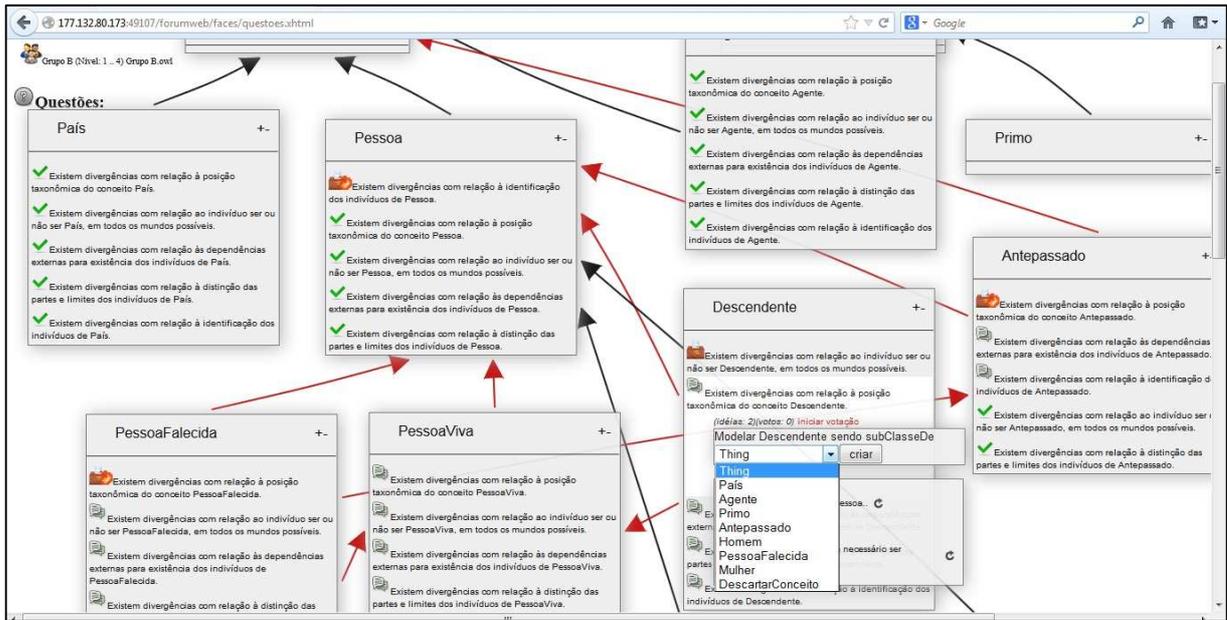


Figura 26 - Tela CAMIO: criação de ideia taxonômica

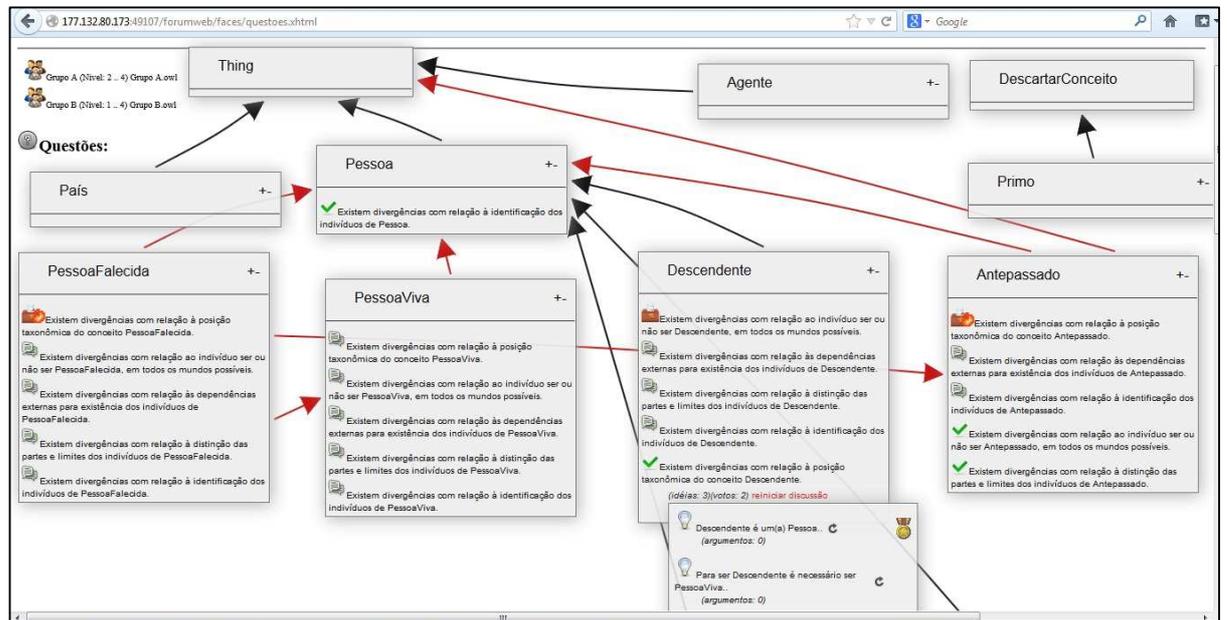


Figura 27 - Tela CAMIO: apresentação ideia vencedora

APÊNDICE B

A seguir são apresentadas algumas ontologia iniciais usadas nos experimentos.

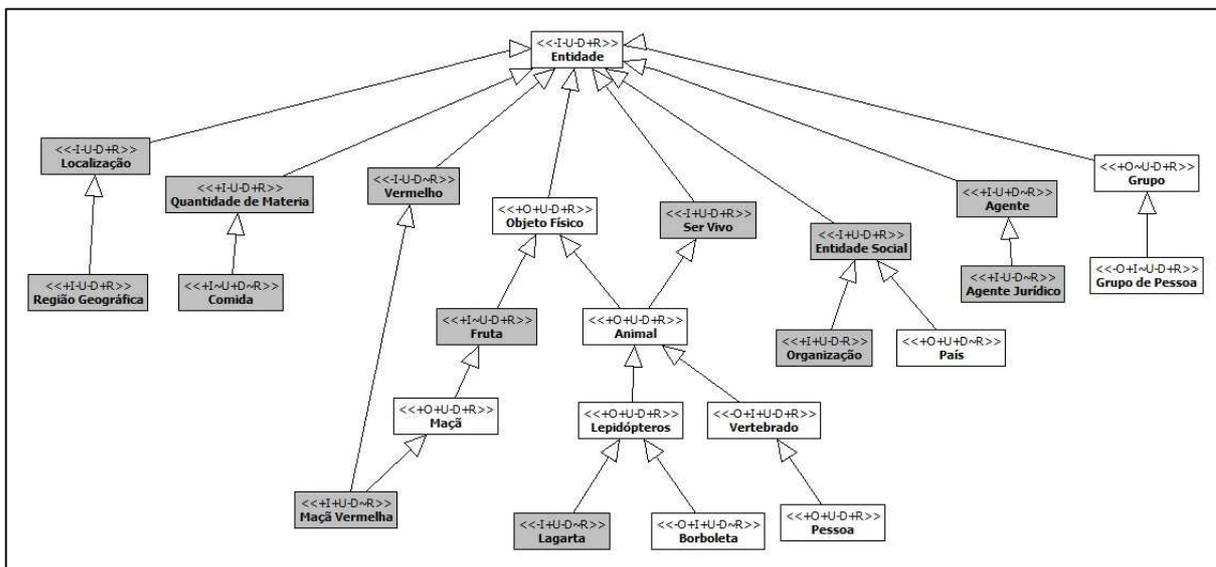


Figura 28 - Ontologia individual usuário3 – O₃ - 1º Experimento

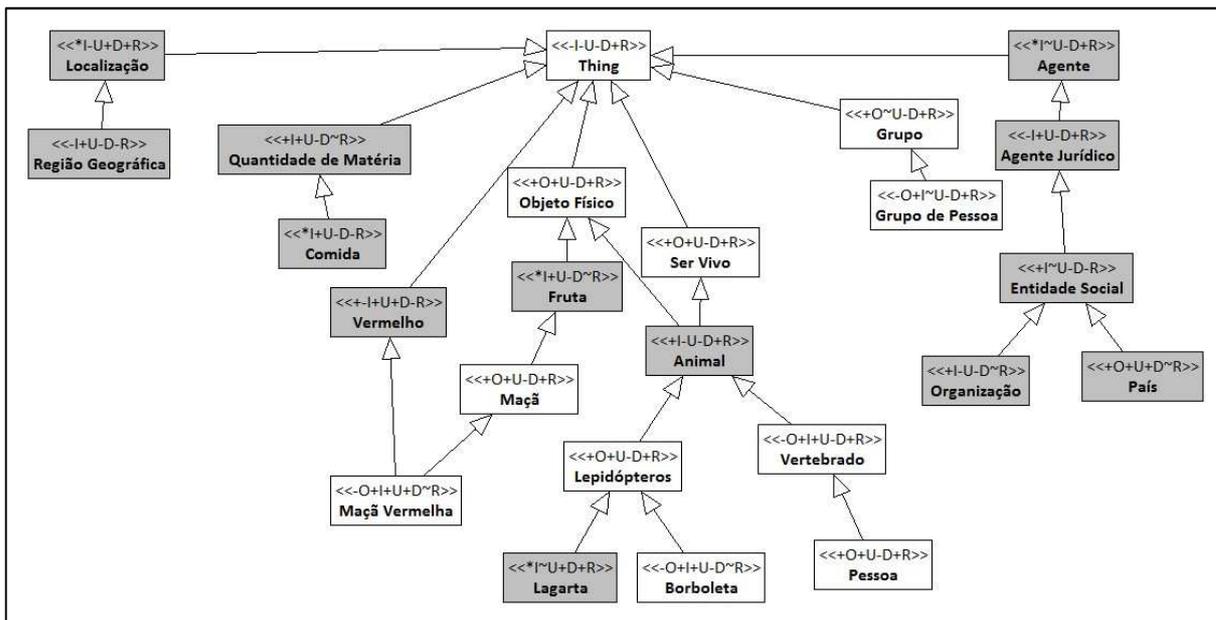


Figura 29 - Ontologia individual usuário2 – O₂ - 1º Experimento

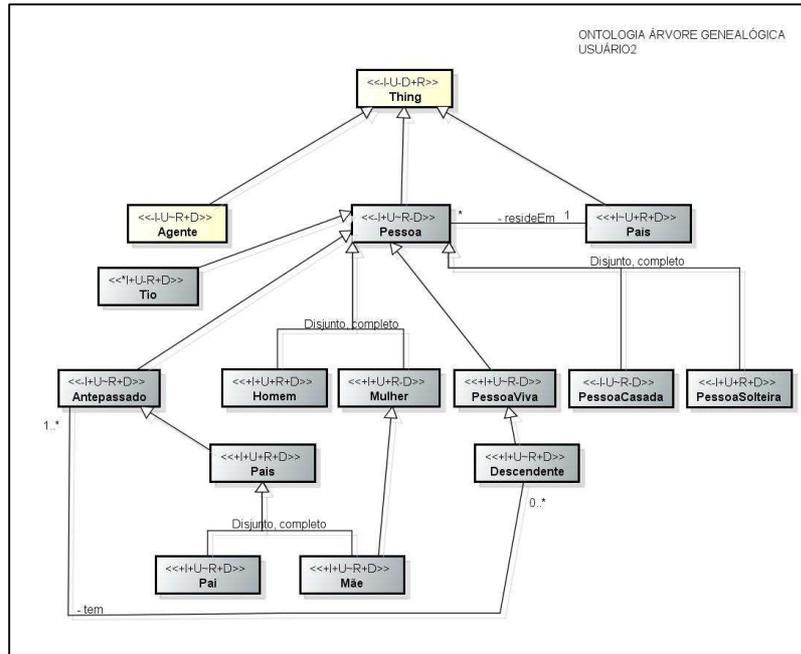


Figura 30 - Ontologia individual usuário2 – O₂ – 4º Experimento

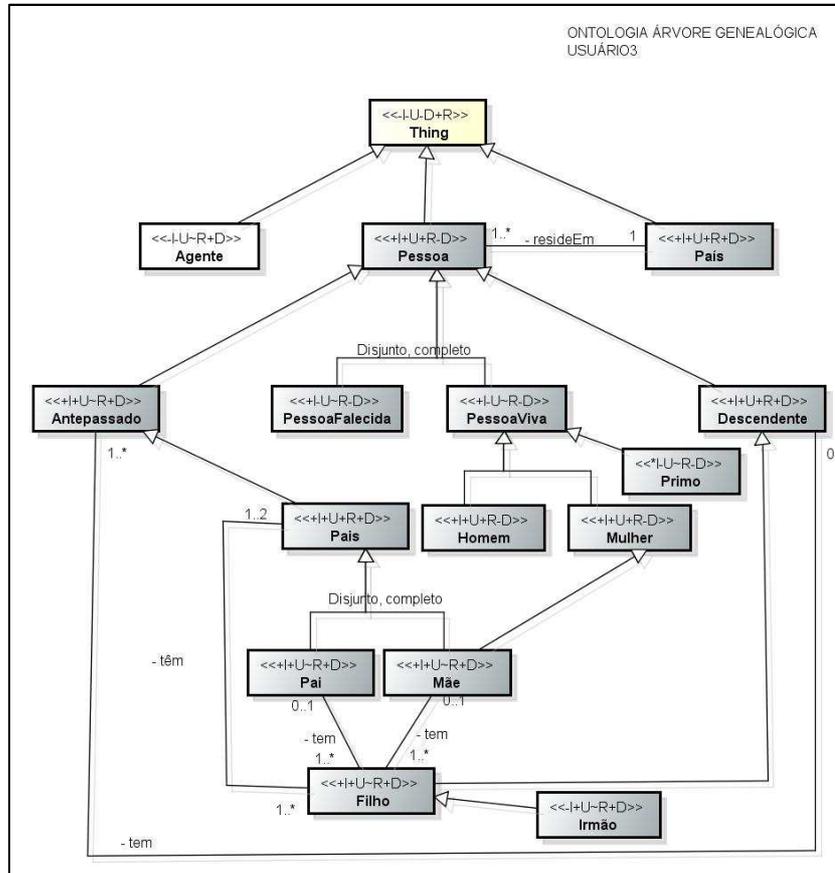


Figura 31 - Ontologia individual usuário3 – O₃ – 5º Experimento

APÊNDICE C

A seguir são apresentados alguns templates do método CAMIO.

Para fins de implementação os templates de ideias e argumentos foram condensados, assim um template sempre se inicia com a ideia a apresentar, seguido do argumento que a justifica:

- a ideia (que corresponde a metapropriedade sugerida) + o argumento favorável à ideia (a justificativa).

IDENTIDADE:

Questão: Existem divergências com relação à identificação dos indivíduos de ____.

***I:**

1. Os indivíduos de ____ compartilham de um critério de identificação cujos valores permitem diferenciar um indivíduo dos demais, sendo que este critério é **PRÓPRIO** de ____, ou seja, **NÃO É HERDADO** de seus superconceitos.
2. Os indivíduos de ____ são identificáveis, porque possuem características específicas (**NÃO SÃO HERDADAS** de seus superconceitos) de ____, que permitem distinguir um indivíduo de ____ dos demais.
3. Os indivíduos de ____ possuem características comuns, que apresentam valores únicos para cada ____ e que permitem distinguir um indivíduo dentre os demais. Estas características são próprias de ____, ou seja, **NÃO** são herdadas de seus superconceitos.
4. É possível distinguir os indivíduos de ____, através de características únicas para cada indivíduo. Estas características são comuns a todos(as) ____ e **NÃO** são herdadas de seus superconceitos.
5. Os indivíduos de ____ possuem características próprias (que **NÃO** são herdadas de seus superconceitos) que permitem identificar um indivíduo de ____ d os demais.

+I:

1. Os indivíduos de ____ compartilham de um critério de identificação cujos valores permitem diferenciar um indivíduo dos demais, sendo que este critério **É HERDADO** de seus superconceitos.
2. Os indivíduos de ____ são identificáveis através de características únicas que são **HERDADAS** de seus superconceitos.

-I:

1. Os indivíduos de ___ representam **VALORES DE ATRIBUTOS** de outros conceitos, **OU** os indivíduos de ___ possuem **DIFERENTES** critérios de identificação, que não são comuns a todos(as) ___.
2. Os indivíduos de ___ **NÃO** são identificáveis, porque **NÃO** é possível diferenciar um indivíduo de ___ de outro indivíduo de ___, ou porque **NÃO** existe uma forma comum de diferenciar todos os indivíduos de ___.
3. É possível identificar unicamente cada um dos indivíduos de ___, porém os critérios utilizados para a identificação são **DIFERENTES** para cada indivíduo de ___, **OU** os indivíduos de ___ **NÃO** possuem características próprias que sejam únicas para cada indivíduo.

Dicas para descobrir se um conceito possui um critério de identificação:

1. Dois indivíduos diferentes de ___ não podem existir no mesmo espaço, ao mesmo tempo.
2. Dois indivíduos de ___ são diferentes se eles estão em locais diferentes ao mesmo tempo.
3. Se retirar-se ou adicionar-se partes de ___, ainda permanece o(a) mesmo(a) ___.
4. Mesmo que um indivíduo de ___ mude alguma de suas partes ainda permanece o(a) mesmo(a) ___.
5. Dois indivíduos de ___ são os mesmos ___, se e somente se, possuem exatamente as mesmas partes e qualidade.

Identidade mereológica extensional: a identidade é definida pelos membros componentes ou pela soma das partes componentes:

1. Se retirar-se ou adicionar-se partes de ___, torna-se um(a) ___ diferente.
2. ___ é definido(a) pela soma de suas partes, caso mudar-se algumas das partes de ___ não será o(a) mesmo(a) ___.
3. Se ___ tiver qualquer parte substituída, removida ou expandida, torna-se um(a) ___ diferente.
4. Se ___ tiver qualquer parte substituída, removida ou expandida, não pode ser identificado como o(a) mesmo(a) ___.

UNIDADE:

Questão: Existem divergências com relação à distinção das partes e limites dos indivíduos de

+U:

1. Os indivíduos de ___ **SÃO** elementos inteiros (sob um critério **COMUM** a todos os indivíduos), ou seja, é possível definir quais são suas partes componentes, o quê faz e o quê não faz parte de cada indivíduo e sob quais condições cada indivíduo é considerado completo.
2. Os indivíduos de ___ **SÃO** delimitáveis (sob um critério **COMUM** a todos os indivíduos), porque possuem limites exatos que permitem separar um indivíduo dentre os demais, dessa forma podem ser enumerados ou contados como unidades individuais.
3. Os indivíduos de ___ formam uma unidade completa, pois todas as partes componentes dos indivíduos de ___ são definidas e ligadas entre si.
4. Os indivíduos são ___ entidades materiais isoladas (porque se sabe exatamente quais são os critérios que determinam o que faz parte e o que não faz parte de ___) podendo ser enumerado(a) ou contado(a) como uma entidade individual.

~U:

1. Os indivíduos de ___ **NÃO** são delimitáveis, pois **NÃO** existem critérios exatos para determinar quais são os limites e partes de cada indivíduo de ___, por se tratar de algo disperso e espalhado, que **NÃO** possui um formato padrão ou uma estrutura pré-definida.
2. Os indivíduos de ___ **NÃO** são elementos inteiros ou completos em si mesmos, pois **NÃO** é possível determinar exatamente quais são suas partes componentes: o quê faz parte e o quê não faz parte de cada indivíduo de ___.
3. Os indivíduos de ___ **NÃO** são completos, pois são elementos não estruturados, que podem ser fracionados formando novos indivíduos de ___.
4. Os indivíduos de ___ **NÃO** são completos, pois existe a possibilidade de se adicionar ou retirar partes de ___, **NÃO** sendo uma entidade material isolada.

-U:

1. Os indivíduos de ___ são delimitáveis, podendo ser enumerados ou contados como unidades individuais, porém existem **DIFERENTES** critérios para definir os limites exatos que permitem separar cada indivíduo dos demais.
2. Os indivíduos de ___ são elementos inteiros, completos, porém existem **DIFERENTES** critérios para definir quais são as partes componentes, o que faz e o que não faz parte de cada indivíduo.
3. Todos os indivíduos de ___ são delimitáveis (sob **DIFERENTES** critérios), ou seja, é possível definir quais são suas partes componentes, o que faz e o que não faz parte de cada indivíduo e sob quais condições cada indivíduo é considerado completo.
4. Existem **diferentes critérios** para definir as partes componentes dos indivíduos de _____, porém todos os indivíduos de ___ possuem partes vinculadas e que formam uma unidade completa, sendo que estas partes podem ser elas próprias outras unidades individuais completas.

Dicas para descobrir se um conceito possui um critério de unidade:

1. Se um objeto é indivisível, então ele é intrinsecamente inteiro.
2. Unidade é atribuída para entidades concretas (que possuem localização espaço-temporal).
3. Se as partes de um objeto podem estar conectadas ou não (opcionalmente), então ele não apresenta uma condição de unidade.
4. Se um objeto é considerado como um elemento inteiro, sendo contável, possui unidade.
5. Se um objeto X pode ser dividido e formar outros objetos X, então ele não é contável e não possui unidade.

ESSENCIALIDADE:

Questão: Existem divergências com relação ao indivíduo ser ou não ser ____, em todos os mundos possíveis.

+R:

1. Todo indivíduo que é ____, é sempre ____ em todos os mundos possíveis.
2. Todo indivíduo que é ____, quando existe é ____ em todos os mundos possíveis.
3. Todo indivíduo que é ____, é obrigatoriamente ____ em todos os mundos possíveis.
4. Todo indivíduo que é ____, não pode deixar de ser ____ em todos os mundos possíveis.
5. Todo indivíduo que é ____ não pode existir sem ser ____ em todos os mundos possíveis.
6. Todo indivíduo que é ____ deixa de existir se deixar de ser ____, em todos os mundos possíveis.
7. Todo indivíduo que é ____ é necessariamente ____ e nunca deixará de ser ____ em todos os mundos possíveis.

~R:

1. Todo indivíduo que é ____ pode não ser ____ em algum mundo possível, de acordo com alguma condição ou ação.
2. Todo indivíduo que é ____ pode deixar de ser ____ em algum mundo possível, embora ainda possa continuar a existir.
3. Todo indivíduo que é ____ não é obrigatoriamente ____ em todos os mundos possíveis.
4. Todo indivíduo que é ____ pode existir sem ser ____, em algum mundo possível.
5. Todo indivíduo que é ____ pode não ser ____ em algum mundo possível, dependendo do estado das coisas.
6. Todo indivíduo de ____ pode possivelmente deixar de ser ____ em algum mundo possível de acordo com alguma condição ou ação.

-R:

1. Pelo menos um indivíduo que é ____, é sempre ____ em todos os mundos possíveis, enquanto os outros indivíduos que são ____ podem deixar de o ser em algum mundo possível.
2. Pelo menos um indivíduo que é ____, é obrigatoriamente ____ em todos os mundos possíveis, enquanto os outros indivíduos podem deixar de ser ____ dependendo do estado das coisas.
3. Há alguns indivíduos que são ____ e podem deixar de ser ____ em algum mundo possível, enquanto outros indivíduos podem ser sempre ____ em todos os mundos possíveis.
4. Em cada mundo possível existe pelo menos um indivíduo que é ____, porém este mesmo indivíduo pode não ser ____ em outros mundos possíveis.

DEPENDÊNCIA:

Questão: Existem divergências com relação às dependências externas para existência dos indivíduos de ____.

+D:

1. Para um indivíduo do conceito ____ existir é necessário que tenha um relacionamento com indivíduos de outros conceitos, que não são partes, nem constituintes de ____.
2. A existência dos indivíduos do conceito ____ está condicionada ao relacionamento com indivíduos de outros conceitos, que não são partes, nem constituintes de ____.
3. A existência dos indivíduos de ____ está condicionada à existência de indivíduos de outros conceitos, que não são partes, nem constituintes de ____.
4. A existência dos indivíduos de ____ é dependente da existência de indivíduos de outros conceitos, que não são partes, nem constituintes de ____.
5. Para um indivíduo de ____ existir é necessário que existam indivíduos de outros conceitos a ele relacionados, que não são suas partes, nem seus constituintes.

-D:

1. Para um indivíduo do conceito ____ existir **NÃO** é necessário que tenha um relacionamento com indivíduos de outros conceitos.
2. A existência dos indivíduos do conceito ____ **NÃO** está condicionada ao relacionamento com indivíduos de outros conceitos-.
3. A existência dos indivíduos de ____ **NÃO** é dependente da existência de indivíduos de outros conceitos.
4. Para um indivíduo de ____ existir **NÃO** é necessário que existam indivíduos de outros conceitos a ele relacionados.
5. Um indivíduo de ____ existe por si só.

DIVERGÊNCIA TAXONÔMICA:

Questão: Existem divergências com relação à posição taxonômica do conceito ____.

1. Todo(a) ____ é um tipo de ____.
2. Para ser <subconceito> é necessário ser <superconceito>.
3. Todo(a) <subconceito> é também <superconceito>.
4. <subconceito> herda todas as características de <superconceito>, ou seja, todo(a) <subconceito> é também <superconceito>.
5. <subconceito> é um(a) <superconceito>.