

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Ciência da Informação

Stefane de Melo Silva

**AVALIAÇÃO DA MODELAGEM CONCEITUAL DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
A PARTIR DE ONTOLOGIAS DE FUNDAMENTAÇÃO: VERIFICAÇÃO DE
RELAÇÕES PARTE-TODO**

Belo Horizonte

2014

**AVALIAÇÃO DA MODELAGEM CONCEITUAL DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
A PARTIR DE ONTOLOGIAS DE FUNDAMENTAÇÃO: VERIFICAÇÃO DE
RELAÇÕES PARTE-TODO**

STEFANE DE MELO SILVA

**AVALIAÇÃO DA MODELAGEM CONCEITUAL DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
A PARTIR DE ONTOLOGIAS DE FUNDAMENTAÇÃO: VERIFICAÇÃO DE
RELAÇÕES PARTE-TODO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação (PPGCI) da Escola de Ciência da Informação (ECI) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência da Informação.

Linha de Pesquisa: Organização e Uso da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Barcellos Almeida.

Belo Horizonte

2014

S586a Silva, Stefane de Melo.

Avaliação da modelagem conceitual de sistemas de informação a partir de ontologias de fundamentação: verificação de relações parte-todo / Stefane de Melo Silva – 2014.

94 f. : il., enc.

Orientador: Mauricio Barcellos Almeida.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação.

Referências: f. 84-89.

Apêndice: f. 90-94.

1. Ciência da informação – Teses. 2. Sistemas de recuperação da informação – Teses. 3. Ontologias (Recuperação da informação) – Teses. 4. Modelagem de informações – Teses. I. Título. II. Almeida, Mauricio Barcellos. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação.

CDU: 025.4.03



UFMG

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Ciência da Informação
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação

FOLHA DE APROVAÇÃO

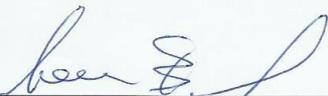
"AVALIAÇÃO DA MODELAGEM CONCEITUAL DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO A PARTIR DE ONTOLOGIAS DE FUNDAMENTAÇÃO: VERIFICAÇÃO DE RELAÇÕES PARTE-TODO"

Stefane de Melo Silva

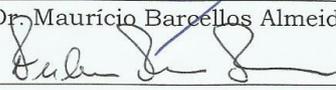
Dissertação submetida à Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos à obtenção do título de **"Mestre em Ciência da Informação"**, Linha de Pesquisa: **"Organização e Uso da Informação"**.

Dissertação aprovada em: 08 de agosto de 2014.

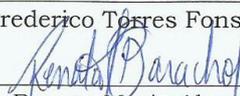
Por:



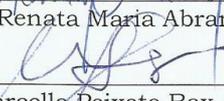
Prof. Dr. Maurício Barcellos Almeida - ECI/UFMG (Orientador)



Prof. Dr. Frederico Torres Fonseca - Pennsylvania State University

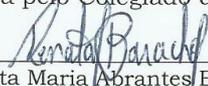


Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto - ECI/UFMG



Prof. Dr. Marcelo Peixoto Bax - ECI/UFMG

Aprovada pelo Colegiado do PPGCI



Profa. Renata Maria Abrantes Baracho Porto
Coordenadora

Versão final Aprovada por



Prof. Maurício Barcellos Almeida
Orientador



UFMG

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Ciência da Informação
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação

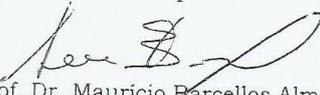
ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE **STEFANE DE MELO SILVA**, matrícula:
2012753790

Às 14:30 horas do dia 08 de agosto de 2014, reuniu-se na Escola de Ciência da Informação da UFMG a Comissão Examinadora aprovada *ad referendum* pela Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação em 10/07/2014, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado ***Avaliação da modelagem conceitual de sistemas de informação a partir de ontologias de fundamentação: verificação de relações parteto***, requisito final para obtenção do Grau de MESTRE em CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, Área de Concentração: Produção, Organização e Utilização da Informação, Linha de Pesquisa: Organização e Uso da Informação. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Mauricio Barcellos Almeida, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

Prof. Dr. Mauricio Barcellos Almeida - Orientador	APROVADA
Prof. Dr. Frederico Torres Fonseca	APROVADA
Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto	APROVADA
Prof. Dr. Marcello Peixoto Bax	APROVADA

Pelas indicações, a candidata foi considerada APROVADA.

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a sessão, da qual foi lavrada a presente ATA que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. Mauricio Barcellos Almeida
ECI/UFMG


Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto
ECI/UFMG

Belo Horizonte, 08 de agosto de 2014

Prof. Dr. Frederico Torres Fonseca
Pennsylvania State University


Prof. Dr. Marcello Peixoto Bax
ECI/UFMG

Obs: Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo da Coordenadora.


Prof(a). Renata Maria Abrantes Baracho Porto
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação
em Ciência da Informação

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que estão na busca constante por conhecimento, seja na tentativa de melhorar o seu redor ou para o bem maior de melhorar o mundo em que vivemos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por existir e ter saúde.

Agradeço aos meus pais pela educação, amor e apoio que me deram e a toda minha família pela paciência.

A todos os meus amigos e ao Marco, agradeço a compreensão e por nunca me deixarem desanimar.

Ao professor Mauricio, pela ótima orientação e pelas palavras certas.

À Fernanda Farinelli, pela parceria de pesquisa.

À PRODEMGE, pela oportunidade de desenvolvimento do mestrado.

Aos colegas da PRODEMGE pela colaboração e compreensão, em especial à equipe de processo de software.

À comunidade da ECI, colegas, professores e funcionários, que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

*“Faça as coisas difíceis enquanto
elas são fáceis e faça as grandes
coisas enquanto elas são pequenas.
Uma jornada de mil milhas deve
começar com um único passo”.*

~Lao Tzu

SUMÁRIO

1.	Introdução	18
2.	Modelagem Conceitual.....	22
2.1.	Relações Semânticas na Modelagem Conceitual.....	25
2.2.	Qualidade de Modelos Conceituais	28
3.	Ontologias	33
3.1.	Ontologia de Fundamentação para Modelagem	34
3.1.1.	Unified Foundational Ontology (UFO).....	35
3.1.2.	OntoUML.....	41
3.1.3.	OntoUML Lightweight Editor - OLED	42
4.	Metodologia	44
4.1.	Definição do Objeto da Pesquisa - Modelos Conceituais de SI	45
4.2.	Contextualização do Objeto da Pesquisa	45
4.3.	Descrição Detalhada da Metodologia de Pesquisa.....	49
4.3.1.	Seleção dos modelos	49
4.3.2.	Mapeamento dos modelos selecionados para a OntoUML.....	52
4.3.3.	Testes	54
4.3.4.	Identificação de critérios ontológicos	55
4.3.5.	Correção dos modelos conforme os critérios ontológicos	56
5.	Resultados e Discussão	57
5.1.	Seleção.....	57
5.2.	Mapeamento e Testes.....	58
5.2.1.	Modelo: Evolução da receita	58

5.2.2.	Modelo: Administração pública estadual.....	60
5.2.3.	Modelo: Ordem de pagamento escritural.....	62
5.2.4.	Modelo: Pessoa.....	64
5.2.5.	Modelo: Estrutura organizacional e funcional.....	66
5.2.6.	Modelo: Lei de diretriz orçamentária – LOA.....	67
5.2.7.	Modelo: Plano plurianual de ações governamentais – PPAG.....	70
5.2.8.	Modelo: Empenhamento da despesa.....	73
5.2.9.	Modelo: Transmissão bancária.....	75
5.2.10.	Modelo: Programação orçamentária.....	78
5.2.11.	Critérios propostos.....	80
6.	Considerações Finais.....	81
6.1.1.	Trabalhos futuros.....	83
7.	Referências Bibliográficas.....	84
8.	APÊNDICE A – Resultados dos testes no OLED consolidados.....	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de um modelo de dados ER.	23
Figura 2 - Exemplo de modelo UML.....	24
Figura 3 - Relação de agregação na UML.	27
Figura 4 - Relação de composição na UML.....	27
Figura 5 - Metamodelo da UFO.....	36
Figura 6 – Fragmento da UFO-A: Indivíduos	36
Figura 7 - Fragmento da UFO-A: Universais.	37
Figura 8 – Tipos de relação parte-todo na UFO.	39
Figura 9 – Tipos de entidade nas relações parte-todo.	39
Figura 10 – Relação parte-todo entre quantidades – subQuantidadeDe.	40
Figura 11 – Exemplo da relação membroDe.	40
Figura 12 – Exemplo da relação SubColeçãoDe.....	40
Figura 13 – Exemplo da relação componenteDe entre complexos.....	41
Figura 14 - Interface do OLED.	43
Figura 15 - Estrutura da modelagem do processo de software do GRP Minas.	47
Figura 16 – Fórmula de cálculo do tamanho amostral para variáveis binárias.....	51
Figura 17 – Simulação do tamanho amostra.....	52
Figura 18 – Caixa de ferramentas para modelagem OntoUML no EA.....	54
Figura 19 – Modelo UML – Evolução da receita.	58
Figura 20 – Modelo OntoUML – Evolução da receita.	59
Figura 21 – Teste OLED – Evolução da receita.	59
Figura 22 – Modelo Proposto – Evolução da receita.....	59

Figura 23 – Modelo UML – Administração pública estadual.....	60
Figura 24 – Modelo OntoUML – Administração pública estadual.	60
Figura 25 – Teste OLED – Administração pública estadual.....	60
Figura 26 – Modelo Proposto – Administração pública estadual.	61
Figura 27 – Modelo UML – Ordem de pagamento escritural.....	62
Figura 28 – Modelo OntoUML – Ordem de pagamento escritural.....	62
Figura 29 – Teste OLED – Ordem de pagamento escritural.	63
Figura 30 – Modelo Proposto – Ordem de pagamento escritural.....	63
Figura 31 – Modelo UML – Pessoa.....	64
Figura 32 – Modelo OntoUML – Pessoa.....	64
Figura 33 – Teste OLED – Pessoa.	65
Figura 34 – Modelo Proposto – Pessoa.....	66
Figura 35 – Modelo UML – Estrutura organizacional e funcional.....	66
Figura 36 – Modelo OntoUML - Estrutura organizacional e funcional.	66
Figura 37 – Teste OLED - Estrutura organizacional e funcional.....	67
Figura 38 – Modelo Proposto - Estrutura organizacional e funcional.....	67
Figura 39 – Modelo UML – Lei de Diretriz Orçamentária (LOA).....	68
Figura 40 – Modelo OntoUML - Lei de Diretriz Orçamentária (LOA).....	68
Figura 41 – Teste OLED - Lei de Diretriz Orçamentária (LOA).	69
Figura 42 – Modelo Proposto - Lei de Diretriz Orçamentária (LOA).	70
Figura 43 – Modelo UML – Plano Plurianual de Ações Governamentais (PPAG).	71
Figura 44 – Modelo OntoUML - Plano Plurianual de Ações Governamentais (PPAG).....	71
Figura 45 – Teste OLED - Plano Plurianual de Ações Governamentais (PPAG).	72

Figura 46 – Modelo Proposto - Plano Plurianual de Ações Governamentais (PPAG).....	73
Figura 47 – Modelo UML – Empenhamento da despesa.....	73
Figura 48 – Modelo OntoUML - Empenhamento da despesa.....	74
Figura 49 – Teste OLED - Empenhamento da despesa.	74
Figura 50 – Modelo Proposto - Empenhamento da despesa.....	75
Figura 51 – Modelo UML – Transmissão bancária.	76
Figura 52 – Modelo OntoUML - Transmissão bancária.	76
Figura 53 – Teste OLED – Transmissão bancária.....	77
Figura 54 – Modelo Proposto - Transmissão bancária.	78
Figura 55 – Modelo UML – Programação orçamentária.	78
Figura 56 – Modelo OntoUML – Programação orçamentária.	79
Figura 57 – Teste OLED – Programação orçamentária.	79
Figura 58 – Modelo Proposto – Programação orçamentária.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios ontológicos para relações parte-todo.....	56
Tabela 2 - Seleção da amostra a partir da população alvo.	57
Tabela 3 - Modelos selecionados aleatoriamente, por sorteio.....	58
Tabela 4 – Exemplos de critérios pragmáticos de apoio à modelagem conceitual.	80
Tabela 5 – Resultados dos testes consolidados por modelo	92
Tabela 6 – Resultados dos testes consolidados por tipo de erro	94

RESUMO

Empresas de desenvolvimento de software estão inseridas em um mercado altamente competitivo e dinâmico. É perceptível a necessidade crescente de investimentos em suas atividades de engenharia de software, na tentativa de melhorar os seus processos e fornecer produtos e serviços de melhor qualidade. Para atender as necessidades para os quais foram planejados e aumentar a qualidade final percebida pelo usuário, os sistemas de informação devem se basear em representações consistentes do domínio de conhecimento em que estão inseridos. Nesse contexto, a modelagem conceitual tem um papel representacional relevante. Modelos construídos de maneira *ad-hoc*, sem diretivas que orientem as ações de modelagem, podem resultar em representações inadequadas, gerar dificuldade de comunicação e impossibilidade de integração e de interoperabilidade entre sistemas. Apresenta-se aqui uma pesquisa que consiste na avaliação de modelos conceituais através de uma ontologia de fundamentação, a partir da verificação de modelos conceituais representados em *Unified Modeling Language* (UML) parte de um projeto de sistema para o Governo do Estado de Minas Gerais, quanto a sua aderência a critérios ontológicos. Para essa avaliação utiliza-se a ontologia de fundamentação *Unified Foundational Ontology* (UFO), em particular, a linguagem de modelagem proposta pela ontologia, a qual é denominada OntoUML. O procedimento de avaliação consiste no mapeamento dos modelos UML para modelos OntoUML, seguido da execução de verificações sintáticas realizadas no *framework* de modelagem *OntoUML Lightweight Editor* (OLED). A partir desses procedimentos, baseados em critérios ontológicos, novos modelos são propostos. Ao final, obtêm-se modelos ontologicamente adequados e semanticamente refinados a partir das modificações nas relações parte-todo. Espera-se que esta pesquisa possa contribuir para a melhoria da modelagem conceitual e para o desenvolvimento de sistemas de informação adequados do ponto de vista da representação da realidade. Espera-se também que esta seja uma iniciativa de aproximação entre a Ciência da Informação e a Ciência da Computação através das teorias da ontologia.

ABSTRACT

Software development companies have worked in a highly competitive and dynamic market. One can easily realize the need of increasing investments in activities of software engineering, as an attempt to improve the processes of development and ultimately to provide better quality products and services. In order to cope with the own needs for which the information systems were planned, as well as to improve the overall quality of the product for the final user, those information systems should be based on consistent representations of the knowledge domain in which they will operate. Within this context, the conceptual modeling activities have an important representational role. Models built according an ad-hoc way, without guidelines to regulate the actions of modeling, can generate different sorts of problems: models with poor representation of the reality, difficulties in communication, and impossibility of interoperability among systems. We present here a research that consists in the evaluation of conceptual models using a foundational ontology. We checked real conceptual models represented in *Unified Modeling Language* (UML), which are part of a project of large information systems of the government of the state of Minas Gerais (Brazil), regarding their adherence to ontological criteria. In order to perform this evaluation, we employed a foundational ontology named *Unified Foundational Ontology* (UFO) and, in particular, a modeling language proposed by that ontology, namely, *OntoUML Lightweight Editor* (OLED). We propose new improved models using these procedures based on ontological criteria based on the changes in part-whole relations. Eventually, we found proper semantic models from an ontological point of view. We hope our research can contribute to the improvement of conceptual modeling activities and for the development of information systems able to properly represent the reality. In addition, we hope that this initiative be brought more closely information science and computer science through the theories of ontology.

1. Introdução

Empresas que desenvolvem sistemas de informação estão inseridas em um mercado altamente competitivo e dinâmico. É perceptível, então, a necessidade crescente de investimentos em suas atividades de engenharia de software, na tentativa de melhorar os seus processos e produzir produtos e serviços de melhor qualidade.

Existe uma grande variedade de processos de desenvolvimento disponíveis para utilização por empresas de tecnologia da informação (TI), que variam de processos tradicionais como o *Rational Unified Process* (RUP) (KRUCHTEN, 2001) a metodologias ágeis, centradas em dados ou em arquitetura, etc. A atividade de modelagem está presente na maioria dessas metodologias de desenvolvimento e é de fundamental importância, pois uma modelagem bem definida é a base para um bom sistema de informação (SÁNCHEZ, CAVERO e MARCOS, 2005).

Modelos são estruturas de representação criadas a partir de abstrações da realidade. Podem variar de estruturas conceituais, como modelos mentais, a representações gráficas, como os modelos UML. Construir modelos consiste em descrever a realidade, reproduzindo conceitos e seus relacionamentos relevantes para os usuários, a partir de uma construção mental especificada por uma linguagem (SÁNCHEZ, CAVERO e MARCOS, 2005). Os modelos são aplicados na Ciência da Informação no âmbito da organização e representação da informação como forma de representação de um domínio. Na Ciência da Computação, os modelos são utilizados como mecanismos de captura e comunicação de informações pertinentes à construção de um sistema de informação, passando de modelos conceituais a modelos de dados implementados em um banco de dados.

Segundo Guarino (1998), uma ontologia é um artefato de engenharia de software constituído por um vocabulário específico, que descreve certa realidade através de uma hierarquia de conceitos conectados por relações de subordinação. Dentre os tipos de ontologias existentes na literatura cabe destacar as ontologias de fundamentação¹, que são

¹ Existem várias denominações na literatura utilizadas para descrever ontologias genéricas, que são utilizadas para construir outras ontologias. Foram encontradas as denominações: ontologias de alto nível, ontologias de fundamentação, ontologias de referência, dentre outras. Para este trabalho adota-se a denominação ontologia de fundamentação, a menos quando outra denominação for tratada explicitamente.

baseadas em estudos, teorias e ferramentas e buscam identificar as entidades básicas do mundo, sendo capazes de se adequar a vários domínios (OLIVEIRA, 2009).

Para fins de modelagem computacional, modelos e ontologias são conceitos similares, pois ambos têm a finalidade de representar um domínio de conhecimento a partir de uma conceitualização da realidade (MENDONÇA e ALMEIDA, 2012). Porém, a aplicação de ontologias adiciona regras e restrições para possibilitar a padronização e a melhoria semântica da modelagem. Em termos da avaliação de modelos, as ontologias podem ser úteis na seleção da gramática de modelagem conceitual para a representação do domínio pretendido, na compreensão da representação em diagramas de modelagem e na definição de significado e consequente redução da ambiguidade em modelos conceituais (SÁNCHEZ, CAVERO E MARCOS, 2005). Nesse contexto, a aplicação de ontologias na modelagem pode proporcionar sistemas de informação mais eficazes do ponto de vista da qualidade percebida pelo usuário, quanto ao atendimento das suas necessidades.

A modelagem conceitual significa representar o que o modelador percebe de uma realidade, expressando a sua conceitualização (GUIZZARDI, 2005). Assim, a dificuldade em se modelar ocorre pela diferença entre a percepção humana e a necessidade do sistema em organizar as estruturas de maneira adequada para posterior utilização. Com frequência ocorrem problemas de comunicação e interpretação das necessidades dos usuários e, como consequência, sistemas em desacordo com tais necessidades. Smith e Welty (2001) apontam as inconsistências na modelagem conceitual como a principal causa de problemas de interoperabilidade em sistemas de informação. Pode-se concluir, então, que a qualidade dos modelos é essencial para a qualidade dos sistemas de informação, pois modelos ambíguos e mal formados podem levar a problemas de entendimento e, conseqüentemente, ao comprometimento do seu uso, ocasionando problemas ainda maiores ao longo do processo de desenvolvimento.

Percebe-se que a eficácia da atividade de modelagem conceitual no desenvolvimento de um sistema de informação não é algo trivial, pois cabe ao modelador capturar as necessidades do usuário e o seu contexto de negócio (domínio) e representá-las graficamente, ou seja, modelar o domínio. O domínio de negócio definido e representado de forma consistente é um dos marcos da etapa de análise em um projeto de desenvolvimento de software. Esta atividade exige um perfil profissional e formação específicos de modelador, tal que uma de suas responsabilidades fundamentais seja minimizar o hiato entre o levantamento de requisitos e a implementação do sistema.

A escolha por representar determinadas características em um modelo, normalmente, é feita de maneira *ad-hoc*, ou seja, parte da conceitualização particular de cada modelador, sem um embasamento consistente ou algum padrão que o oriente. A aplicação de ontologias à modelagem pode proporcionar mais subsídios para o modelador, fazendo com que a sua tomada de decisão passe a ser baseada em um padrão e deixe de ser *ad-hoc*. Outro benefício dessa aplicação é facilitar o entendimento sobre “o que é o sistema”, na medida em que a semântica é trabalhada na definição do domínio de negócio. Assim, acredita-se que a aplicação de critérios ontológicos para definição de conceitos e relações no modelo conceitual pode proporcionar uma aproximação entre a realidade modelada e o modelo produzido.

Esta pesquisa constitui uma iniciativa de aplicação de ontologias na atividade de modelagem conceitual para o desenvolvimento de sistemas de informação, no âmbito do Governo do Estado de Minas Gerais. A princípio, é desconhecida iniciativa similar em empresa de TI do setor público.

O **objetivo geral** deste trabalho é avaliar modelos conceituais reais de um sistema de informação a partir de critérios de uma ontologia de fundamentação, bem como propor melhorias para a modelagem conceitual através do uso dessa ontologia. Para isto, buscam-se os seguintes **objetivos específicos**: i) Selecionar modelos conceituais elaborados em um projeto de desenvolvimento de sistema de informação; ii) Avaliar os modelos conceituais a partir de testes automatizados; iii) Identificar critérios ontológicos aplicáveis à modelagem conceitual; iv) Propor novos modelos ontologicamente adequados.

Ao final, espera-se contribuir para a melhoria semântica dos modelos conceituais de sistemas de informação, melhorando também os processos comunicacionais e o entendimento de um domínio do conhecimento, conforme prerrogativas da Ciência da Informação. No âmbito da Ciência da Computação, espera-se que a aplicação de ontologias à modelagem possa contribuir para a diminuição de ambiguidades e para a melhoria da interoperabilidade entre sistemas.

O restante deste trabalho está organizado como se segue. As seções dois e três compreendem a fundamentação teórica deste trabalho. Na seção dois são apresentados e discutidos os fundamentos básicos sobre modelagem conceitual. A seção três aborda os conceitos sobre ontologias, bem como as relações entre esses conceitos e a modelagem conceitual. Ainda na seção três são abordadas as ontologias de fundamentação e os seus desdobramentos para esta pesquisa. A seção quatro apresenta a metodologia de pesquisa e os elementos que a compõe, bem como o detalhamento das etapas de realização das tarefas

propostas. A seção cinco detalha os resultados da pesquisa e sua análise. Finalmente, a seção seis apresenta as considerações finais e as conclusões deste trabalho.

2. Modelagem Conceitual

A atividade de criação de modelos, ou modelagem, figura entre diversas áreas da ciência, caracterizando-se multidisciplinar. Para este trabalho, que transita entre a Ciência da Computação e a Ciência da Informação, entende-se importante a apresentação de definições sobre modelagem e também as diversas abordagens de sua aplicação encontradas na literatura, pertinentes a essas duas áreas, principalmente. Também são apresentadas aqui, e relacionadas aos conceitos de modelagem, as definições e abordagens sobre ontologias revisadas, que completam parte da base da fundamentação teórica desta pesquisa.

Modelos são estruturas que possibilitam a representação de informações a partir de abstrações do mundo real. Podem variar de modelos abstratos, como representações mentais de forma descritiva, como os modelos matemáticos e diagramas gráficos, a modelos concretos, que representam todas as características e os requisitos necessários a uma ideia ou conceito (SÁNCHEZ, CAVERO E MARCOS, 2005). Exemplos de modelos concretos pode ser uma maquete de uma construção ou uma miniatura de um objeto.

A construção dessas abstrações da realidade que tomam forma a partir dos modelos, cada pessoa toma como base a sua conceitualização particular e o seu conhecimento prévio sobre o mundo. Um modelo construído significa, então, abstrações da realidade representadas a partir da perspectiva de uma pessoa ou grupo de pessoas.

Para Frigg (2006), existem três tipos de questões relativas a modelos: questões de natureza ontológica, de natureza epistemológica e de natureza semântica. As questões de natureza ontológica dizem respeito a definir o que são modelos dentre, por exemplo: objetos físicos, estruturas da teoria dos conjuntos, descrições, equações, ou combinações dos anteriores. Nas questões de natureza epistemológica, os modelos são considerados meios de aprendizado e, a partir deles, é possível descobrir características do sistema representado. As questões de natureza semântica dizem respeito à função representacional dos modelos. Nesse contexto, cabe distinguir modelos de fenômenos, teorias e modelos de dados. Um modelo de fenômeno lida com problemas de representação científica. Esse modelo é uma estrutura que torna verdadeiras as sentenças de uma teoria. Por sua vez, um modelo de dados é uma visão idealizada de dados obtidos por observação direta. Para Evermann (2005), os modelos possuem finalidade de meio de comunicação: é necessário entender a realidade, o que pode ser feito com a ajuda da modelagem.

Para a Ciência da Informação, a modelagem está relacionada à representação do conhecimento, onde os mecanismos para tal representação possibilitam a elaboração de linguagens documentárias verbais e notacionais com o objetivo de organização e de recuperação (CAMPOS, 2001). Segundo Oliveira (2009), a representação constitui um processo de conhecimento, o qual consiste na assimilação das coisas, sendo os seres humanos os conhecedores e observadores da realidade externa. Como a Ciência da Informação necessita de estudos sobre representação, codificação e uso racional da informação (CAPURRO, 1991), os modelos e a atividade de modelar se apresentam como uma alternativa.

Na Ciência da Computação, os modelos possuem objetivos distintos, de representar e de auxiliar na implementação das estruturas computáveis e estão relacionados principalmente a modelos de dados, estruturas muito utilizadas em empresas de TI para representar a implementação de um sistema de informação através de estruturas de banco de dados (OLIVEIRA, 2009). Tais modelos são construídos de maneira que o armazenamento e recuperação ocorram de maneira eficiente e, em geral, são representados através da linguagem entidade relacionamento (ER), conforme exemplo da Figura 1. Cougo (1997) afirma que os modelos de dados são compostos por níveis de abstração distintos, denominados *modelo físico*, *modelo lógico* e *modelo conceitual*. Cada um desses níveis possui diferentes aspectos a representar. A área da Ciência da Computação que se preocupa com o desenvolvimento e manutenção de sistemas, a Engenharia de Software, define disciplinas específicas para abordagem da modelagem ao longo de um processo de software, sendo chamadas de **análise** e **desenho** de software (PÁDUA, 2001). Interessados em maiores detalhes sobre estas disciplinas podem consultar Pressman (2011), Sommerville (2003).

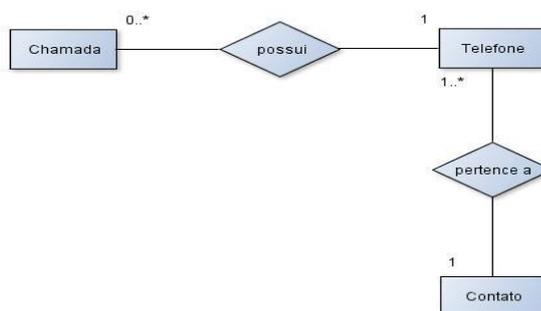


Figura 1 - Exemplo de um modelo de dados ER.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na atividade de modelagem de sistemas, representam-se os principais processos de um contexto específico objetivando a construção do sistema. A etapa em que são criados modelos sob a perspectiva do entendimento humano é conhecida como modelagem conceitual. Os modelos conceituais são obtidos a partir de abstrações de aspectos da realidade, isentos de decisões ou estruturas que possibilitam a implementação de um sistema e são, geralmente, representados através da UML. Estas últimas são aplicadas em níveis posteriores de modelagem de SI. As abstrações são formas de especificar as entidades e as relações entre as entidades, em um domínio do conhecimento de interesse para o sistema em desenvolvimento.

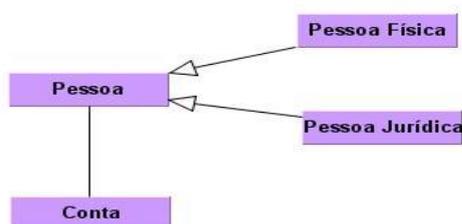


Figura 2 - Exemplo de modelo UML.

Fonte: Elaborado pela autora.

A modelagem conceitual de SI, como conhecida hoje, é resultado de pesquisa produzida nos últimos 50 anos. Os primeiros modelos de dados (YOUNG; KENT, 1958; BOSAK ET AL., 1962) deram lugar aos modelos semânticos (ABRIAL, 1974; JARDINE, 1976; CHEN, 1976), aos quais se seguiram os modelos orientadas a objeto (BOOCH, 1993; RUMBAUGH ET AL., 1991; JACOBSON ET AL., 1992).

Ao longo dos anos, a pesquisa sobre modelos conceituais tem sido motivada pela busca de formas cada vez mais apuradas de representar a realidade em SI. Entretanto, os modelos semânticos dispõem de um conjunto limitado de constructos para a tarefa de modelagem conceitual. O modelo entidade-relacionamento (ER), por exemplo, pressupõe que a realidade pode ser articulada por dois tipos de constructos apenas, as entidades e os relacionamentos. Como alternativa, Guarino (1998) destaca a necessidade de uma conceitualização comum entre sistemas de informação. A interoperabilidade entre sistemas é possível apenas se as linguagens subjacentes aos modelos possuem conceitualizações que se sobrepõem em algum nível. Em última instância, apenas uma conceitualização compartilhada, produto de maior esforço na comunicação humana, pode proporcionar melhorias na modelagem. Ontologias são alternativas para especificar tal conceitualização.

2.1. Relações Semânticas na Modelagem Conceitual

Nesta seção é apresentada uma breve reflexão sobre as relações semânticas, resgatando algumas pesquisas importantes sobre o tema e relacionando-as com a modelagem conceitual.

Café e Bräscher (2011) relatam que "são estabelecidas através da análise das características ou propriedades de conceitos, que nos permitem identificar diferenças e semelhanças que apresentam certos tipos de relações".

Hjørland (2003) considera que "a unidade básica da organização do conhecimento é uma relação semântica entre dois conceitos, e essas relações são incorporados em teorias".

De acordo com Khoo e Na (2006) os conceitos representam blocos de construção do conhecimento e as relações funcionam como a liga entre os conceitos em estruturas de conhecimento. Estes autores consideram os conceitos e relacionamentos como fundamentos do conhecimento e do pensamento, conseqüentemente essenciais para o raciocínio e inferências. Enfatizam as propriedades lógicas das relações semânticas, que são citados em algumas metodologias para o desenvolvimento de ontologias, especialmente quando se trata de linguagens formais. São elas: simetria, quando a relação entre o conceito A e B é a mesma relação entre B e A; transitividade, onde 'x' relacionado com 'y' e 'y' relacionado com 'z' implica que 'x' está relacionado com 'z'; reflexividade, quando um conceito está relacionado a si mesmo; e, finalmente, o relacionamento um para um, onde 'x' relacionado com 'y' e 'z' relacionado com 'y', implica que 'x' é igual a 'z'.

Em sua pesquisa Campos (2009) resume cinco grupos de relações semânticas aplicáveis à modelagem conceitual, a partir das relações que foram avaliadas pela pesquisadora no trabalho de Dahlberg (1978b), Farradane (1980a), Motta (1987), ISO 704 (2000), ANSI (2005), e Khoo e Na (2006), estes grupos estão listados abaixo:

a) Relações de equivalência: Neste grupo foram reunidos os tipos principais de equivalências (Sinonímia total; Variações lexicais; Quase-sinonímia ou Sinonímia-parcial) que consideram conceitos muito próximos em sentido, inclusive a Antonímia, já que o entendimento de termos opostos compreende características comuns – mesmo que contrárias, ao invés de tratar termos opostos como conceitos associados apenas.

b) Relações hierárquicas: Foram reunidas, de modo geral, as relações do tipo Gênero-espécie e de Instanciação, em que necessariamente o conceito genérico possui uma característica a menos que o termo específico, característica a qual, determina se tratar de uma espécie ou de uma instância (ou uma instância da espécie). A identificação do conceito específico passa necessariamente pela identificação do conceito genérico.

c) Relações partitivas: As relações partitivas foram consideradas à parte por se tratar de termos verificáveis apenas na realidade, portanto de ligação menos estável que nas relações hierárquicas. Segundo a literatura, algumas das categorias identificadas para relações deste tipo são as seguintes: Componente funcional/inteiro; Segmentos do inteiro; Membros/coleção; Subconjuntos de conjuntos; Material/propriedade; Matéria ou substância/propriedade.

d) Relações de causa-efeito: Expressam a relação de uma coisa causando ou produzindo algo ou mesmo um produto produzido por outra coisa. As possíveis categorias para este tipo de relação são: Ação/produto; Ação/propriedade; Ação/alvo; Ação/equipamento-ferramenta; Ação/lugar-localização e Ação/ator.

e) Relações associativas: Inclui relações não-hierárquicas, quando uma conexão temática pode ser estabelecida entre conceitos.

No campo da Ciência da Computação, a linguagem de modelagem conceitual conhecida como *Unified Modeling Language* (UML) tornou-se uma das notações mais utilizadas para o desenvolvimento e modelagem de sistemas de informação. Tal notação trata as seguintes relações semânticas: generalização/especialização, associação simples, agregação e composição (Booch et. al., 2005), descritas a seguir.

a) Generalização/Especialização: Esta relação refere-se à representação de domínios genéricos que podem derivar subdomínios específicos, que por sua vez possuem as mesmas características do domínio mais genérico e outras características específicas dele. Estas relações remetem às relações hierárquicas definidas anteriormente por Campos (2009).

b) Associação simples: Refere-se a uma relação estrutural que descreve uma conexão entre domínios. Definida por Campos (2009) como relações associativas.

c) Agregação: É um tipo de associação que especifica uma relação parte-todo na qual um domínio todo é relacionado com seus domínios partes.

d) Composição: É um tipo mais forte de agregação, onde o domínio parte só tem significado se o domínio todo existe. As relações de agregação e composição são definidas por Campos (2009) como relações partitivas.

Para desenvolver modelos conceituais é importante tratar os conceitos e suas relações como as bases do domínio que está sendo representado. Nesta pesquisa, é explorada a aplicação de relações parte-todo na modelagem conceitual de sistemas.

Como descrito anteriormente, as relações parte-todo na UML são especificadas em relações de agregação e composição. No primeiro caso, uma agregação é representada pelo relacionamento de um todo e uma parte quando a existência desses dois elementos faz sentido separadamente, conforme ilustra a Figura 3. No segundo caso, uma composição é representada pelo relacionamento de um todo e uma parte quando a existência desses dois elementos não faz sentido quando separados, como no exemplo da Figura 4. A relação de composição é uma forma forte de agregação, onde o objeto de composição (o todo) é responsável pela criação e destruição das partes.

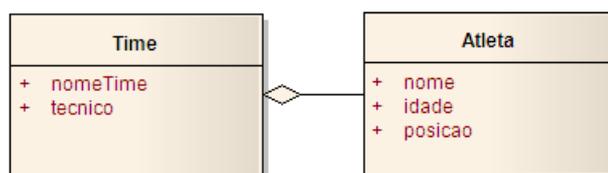


Figura 3 - Relação de agregação na UML.

Fonte: Elaborado pela autora.

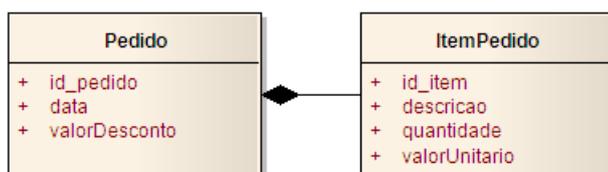


Figura 4 - Relação de composição na UML.

Fonte: Elaborado pela autora.

Relações parte-todo são relevantes para os propósitos desse trabalho, uma vez que serão as relações avaliadas quando da verificação prática da aderência a critérios ontológicos em modelos reais. A literatura sobre as relações parte-todo é extensa e não se apresenta aqui uma revisão de literatura sobre o assunto. Aqueles interessados em conhecer

mais sobre o assunto podem consultar, dentre outros, Artale et al (2005), Barbier et al (2003), Bittner (2011), Casati e Varzi (1999), Pribbenow (2002).

2.2. Qualidade de Modelos Conceituais

Moody (2004) apresenta uma visão crítica realista de que modelagem conceitual é uma disciplina de desenho e que modelos conceituais são artefatos para efetivamente construir a realidade e não simplesmente descrevê-la. Na prática, a maioria dos modelos conceituais é usada diretamente ou indiretamente para desenvolver, adquirir ou modificar sistemas de informação. O autor expõe ainda algumas questões pertinentes à avaliação da qualidade de modelos conceituais, detalhas adiante nesta seção.

O tradicional foco da qualidade de software observado na literatura tem sido na avaliação da qualidade do produto final. Entretanto, estudos empíricos mostram que mais da metade dos erros que ocorrem durante o desenvolvimento de sistemas de informação são caracterizados como erros em requisitos. Erros em requisitos são também a causa mais comum de falhas em projetos de desenvolvimento de sistemas, pois o custo da correção desse tipo de erro cresce exponencialmente ao longo do ciclo de vida de desenvolvimento: a proporção é de cerca de 100 vezes mais caro corrigir um defeito após a implementação do que corrigi-lo durante a análise de requisitos. Isso sugere que pode ser mais efetivo concentrar os esforços de garantia da qualidade no estágio de análise de requisitos, ao invés de capturar os erros quando eles ocorrerem nas fases subsequentes do ciclo de vida de desenvolvimento (MOODY, 2004).

Como estão diretamente relacionados ao domínio do negócio do software e, assim, aos requisitos, aumentar a qualidade dos modelos conceituais significa então aumentar a qualidade do produto entregue. Assim, a qualidade do modelo conceitual pode afetar a eficiência (tempo, custo, esforço) e a eficácia (qualidade dos resultados) de um projeto de desenvolvimento de software. Por exemplo, um modelo conceitual de má qualidade pode aumentar o esforço de implementação, gerar retrabalho ou resultar em um sistema que não satisfaz os usuários.

Como afirma Moody (2004), a prática de avaliar a qualidade de modelos conceituais atualmente tem mais características de uma arte do que de uma disciplina de engenharia de software. O autor afirma que não existem orientações gerais para avaliar a qualidade dos modelos e há pouco consenso entre os especialistas sobre o que torna um

modelo "bom". Há algumas possíveis explicações para a falta de consenso nesta área. Em primeiro lugar, é mais fácil avaliar a qualidade de um produto acabado do que de uma especificação teórica do mesmo. Como um modelo conceitual existe como uma construção da mente humana, a sua qualidade não pode ser tão facilmente e objetivamente avaliada. Assim, a avaliação de modelos conceituais é por natureza um bem social, em vez de um processo técnico, que é inerentemente subjetiva e difícil de formalizar.

Também não há definição consensual sobre qualidade de modelo conceitual na literatura. A maioria das propostas se refere a "qualidade de modelo conceitual" sem definir o que isso significa. A maioria das propostas especifica critérios de qualidade sem definir a forma como estes devem ser medidos. Como resultado, os critérios são aplicados de maneira subjetiva.

A norma ISO/IEC 9126 (ISO/IEC, 2001) fornece um possível modelo para a estruturação de frameworks de qualidade de modelo conceitual baseado em métodos de avaliação de qualidade. As características mais importantes abordadas por esta norma, neste contexto e conforme apontadas por Moody (2004), são:

- **Estrutura hierárquica:** Define uma hierarquia de três níveis de conceitos de qualidade. A maioria dos frameworks de qualidade de modelos conceituais consiste em simples listas de critérios de qualidade, o que sugere que eles precisam ser refinados para outro nível (ou níveis) de detalhe.
- **Rótulos familiares:** Palavras simples são usadas para identificar cada característica e subcaracterística, usando termos que são comumente entendidos na prática. Muitos critérios de qualidade propostos na literatura têm nomes constituídos por várias palavras e muitas vezes usam termos desconhecidos ou altamente teóricos. O uso de terminologia familiar aumenta a probabilidade de aceitação na prática.
- **Definições concisas:** Cada característica e subcaracterística é definida usando uma única frase. Muitos dos critérios de qualidade de modelo conceitual propostos na literatura não possuem definições claras e concisas.
- **Medições:** No nível mais baixo do modelo, as métricas, consistindo de um método de medição e de escala, são definidas para todas as subcaracterísticas de qualidade. Isto significa que o modelo de avaliação é operacionalmente definido e não é dependente de interpretações subjetivas dos conceitos. A falta de medição é um dos principais problemas da literatura sobre qualidade de modelo conceitual.

Analisando outro viés sobre qualidade de modelos, de acordo com Shanks, Tansley e Weber (2003), a validação de um modelo conceitual envolve a verificação da representação fiel do domínio que se pretende representar (o domínio focal). Essa representação é fiel, se tiver certos atributos como:

- **Precisão:** O modelo deve representar fielmente a semântica do domínio focal como percebido pela parte interessada;
- **Completude:** O modelo deve representar completamente a semântica do domínio focal como percebido pela parte interessada;
- **Consistência:** A semântica representada em diferentes partes do modelo não deve se contradizer;
- **Livre de redundância:** Para reduzir a probabilidade de conflitos decorrentes, se e quando o modelo for atualizado, o modelo não deve conter semântica redundante.

Quanto às abordagens metodológicas de validação, os autores apresentam algumas abordagens interessantes, como:

- **Revisão:** Os participantes podem ser convidados a analisar e avaliar o modelo;
- **Questionamentos:** Os participantes podem perguntar uns aos outros sobre o domínio que está sendo modelado com base no conteúdo do modelo;
- **Resolução de problemas:** Usando o modelo conceitual, os participantes poderão ser solicitados a resolver problemas sobre o domínio focal. Eles podem refletir os cenários ou requisitos;
- **Teste de transação:** Os eventos no domínio focal (operações) podem ser avaliados para determinar se as coisas que experimentam os eventos são fielmente representadas no modelo conceitual.

Em termos da avaliação de modelos, as ontologias podem ser úteis das seguintes maneiras: i) na seleção da gramática de modelagem conceitual; ii) na representação da modelagem; iii) na redução de ambiguidades (SHANKS, TANSLEY e WEBER, 2003).

A partir da sistemática apresentada, os autores detalham esses três pontos-chave para a modelagem conceitual.

i) Selecionar a gramática de modelagem conceitual:

Teorias das ontologias podem ajudar as partes interessadas na identificação dos diferentes tipos de fenômenos em um domínio. Por exemplo, usando a teoria de uma ontologia de referência, como a UFO, os fenômenos podem ser classificados como objetos, relações, eventos, estruturas de qualidade, etc. Alguns tipos de fenômenos no domínio central tendem a ser mais comuns ou mais importantes do que os outros. Os envolvidos em uma modelagem devem, portanto, escolher gramáticas de modelagem conceitual que representam fielmente esses fenômenos fundamentais e estejam fortemente relacionados com a semântica do domínio representado.

ii) Representação da modelagem

As teorias das ontologias podem ser usadas também para informar modeladores conceituais sobre como representar fenômenos no domínio focal. Elas fornecem uma base de regras para a modelagem que indicam como as construções previstas nas gramáticas de modelagem conceitual devem ser usadas. Por exemplo, os critérios propostos pela UFO para a definição de que um determinado tipo de elemento pode estar conectado a outro tipo de elemento através de qual tipo de relação, pode direcionar a representação dos requisitos através do modelo.

iii) Redução de ambiguidades

Ontologias distinguem diferentes tipos de fenômenos em suas teorias, porque elas “enxergam” várias distinções da realidade. Assim, a utilização de uma teoria ontológica para identificar fenômenos em um modelo conceitual pode ajudar as partes interessadas na validação do modelo. A razão disso é que o caminho de algum fenômeno identificado é suscetível a determinadas perguntas, e não outras, sobre o mesmo fenômeno. Por exemplo, se um fenômeno particular é classificado como uma entidade, os envolvidos na modelagem deverão se concentrar em garantir que os atributos desta entidade são especificados completamente e com precisão no modelo conceitual. Se um determinado fenômeno é classificado como uma lei, no entanto, esses mesmos envolvidos tendem a se concentrar em garantir o espaço de estado de direito e espaço para eventos legais associados com as entidades abrangidas pela lei estão especificados corretamente e completamente.

O problema com a representação no modelo conceitual figura na motivação dos envolvidos em fazer perguntas de validação sobre o domínio focal como para todos os fenômenos que são classificados como entidades ou relacionamentos.

As ontologias podem ajudar a garantir que os modeladores selecionem a gramática de modelagem conceitual e a semântica adequadas para produzir modelos de domínio de alta qualidade. Podem ajudar a orientar a forma como a gramática é usada para gerar descrições claras e completas do domínio e podem ser usadas também para ajudar a diminuir as ambiguidades em modelos através de validações.

Os achados da literatura detalhados nesta seção contribuem para a definição de critérios de construção e validação de modelos conceituais que, associados aos critérios definidos pela ontologia, podem proporcionar o aumento da qualidade dos modelos.

3. Ontologias

O significado do termo ontologia é apresentado de diferentes formas em áreas diversas e tem se caracterizado pela coexistência de abordagens interdisciplinares, que abrangem Ciência da Computação, Filosofia, Ciência da Informação, Linguística, dentre outros campos.

Na filosofia, onde se encontram as suas raízes, ontologia é um sistema particular de categorias para uma determinada visão do mundo. Nas áreas de computação e sistemas de informação, refere-se ao conjunto de formalismos que representam conceitos e suas relações, fundamentados na semântica de um domínio de conhecimento (OLIVEIRA, 2009).

Para Guarino (1998), a ontologia é um artefato de engenharia de software, constituído por um vocabulário específico que descreve certa realidade, mais um conjunto de prerrogativas sobre o significado pretendido para os termos do vocabulário. Já Gruber (1993) define ontologias como um esquema conceitual para sistemas de banco de dados, o qual fornece a descrição lógica dos dados.

Para Borst (1997), uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização. Nesse contexto, conceitualização refere-se a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo; formal significa que pode ser lida por máquinas e explícita diz respeito a restrições explicitamente definidas. Segundo Sowa (2006), uma ontologia é um catálogo de tipos de coisas que se assume existir em um domínio, na perspectiva de uma pessoa que usa uma linguagem com a finalidade de representação.

Em Benevides e Guizzardi (2009), ontologia é definida como um sistema formal e filosoficamente bem fundamentado de categorias que pode ser usado para articular conceitualizações e modelos em domínios específicos do conhecimento, para áreas como Modelagem Conceitual e Modelagem Organizacional. Para a Inteligência Artificial, a Engenharia de Software e a Web Semântica, uma ontologia é um artefato concreto de engenharia, projetado com um propósito específico e sem prestar nenhuma ou quase nenhuma atenção a aspectos teóricos de fundamentação. Significa um modelo de um domínio específico do conhecimento, por exemplo, um modelo da área de finanças, logística, doenças infecciosas, etc., e expresso em uma linguagem de representação específica, como UML, ER, SDM, entre outras.

Fonseca (2007) afirma que é importante distinguir as conotações existentes sobre o termo ontologia, dada a sua utilização em diferentes campos de pesquisa. Uma distinção apresentada pelo autor classifica ontologias *de* sistemas de informação e ontologias *para* sistemas de informação. No primeiro caso, as ontologias de SI são usadas para criar modelos conceituais. A segunda distinção se concentra no uso de ontologias como parte do sistema de informação e descrevem o vocabulário de um domínio. Através de ontologias de SI, é possível avaliar a capacidade de representação de linguagens de modelagem. Comparam-se os constructos da linguagem aos constructos ontológicos de uma ontologia utilizada como referência, também denominada ontologia de fundamentação, nomenclatura utilizada por esta pesquisa.

3.1. Ontologia de Fundamentação para Modelagem

Baseando-se em princípios filosóficos consolidados, é possível identificar e reparar modelagens deficientes, conduzidas de forma *ad-hoc* e sem correspondência com o mundo real através das ontologias de fundamentação.

De acordo com Guizzardi et. al. (2008), ontologias, no sentido filosófico, têm sido desenvolvidas em filosofia desde Aristóteles com sua teoria de Substância e Acidentes e, mais recentemente, várias dessas teorias têm sido propostas sob o nome de ontologias de fundamentação (*Foundational Ontologies*). Desde o fim da década de oitenta, observa-se um crescente interesse no uso dessas ontologias de fundamentação no processo de avaliação e (re)engenharia de linguagens de modelagem conceitual. A hipótese inicial, e que foi posteriormente confirmada por várias evidências empíricas, pode ser explicada através da seguinte argumentação: (i) modelos conceituais são artefatos produzidos com o objetivo de representar uma determinada porção da realidade segundo uma determinada conceitualização; (ii) ontologias de fundamentação descrevem as categorias que são usadas para a construção dessas conceitualizações. Pode-se, portanto, concluir que uma linguagem adequada de modelagem conceitual deve possuir primitivas de modelagem que reflitam as categorias conceituais definidas em uma ontologia de fundamentação (BENEVIDES E GUIZZARDI, 2009).

Exemplos de ontologias de fundamentação são: a *Basic Formal Ontology* (BFO) (GRENON; SMITH, 2004), a *Descriptive Ontology for Linguistics and Cognitive Engineering* (DOLCE) (MASOLO et al., 2003), a *General Formal Ontology* (GFO) (HERRE et al., 2006) e a *Unified Foundational Ontology* (UFO) (GUIZZARDI; WAGNER, 2004). Em

sistemas de informação, cabe ainda citar a pesquisa pioneira sobre ontologias de SI conhecida como BWW (WAND; WEBER, 1990) (WAND; STOREY; WEBER, 1999).

Nesta pesquisa, utiliza-se a ontologia de fundamentação UFO, escolhida por abordar a modelagem conceitual estrutural, característica do caso real estudado e apresentado aqui. Também por unificar diversas ontologias de fundamentação, sendo aplicada para avaliar, (re)projetar e integrar modelos e linguagens de modelagem conceitual, assim como para prover semântica de mundo real para suas primitivas de modelagem (GUIZZARDI ET. AL., 2008b). Assim, seus detalhes e principais conceitos são descritos a seguir.

3.1.1. Unified Foundational Ontology (UFO)

A Ontologia de Fundamentação Unificada (*Unified Foundational Ontology - UFO*) (GUIZZARDI e WAGNER, 2004) é resultado da combinação da GFO (HERRE et. al. 2006) e da DOLCE (MASOLO et. al., 2003), representando assim, uma síntese de ontologias de fundamentação. Foi criada na tentativa de tentar suprir as limitações de captura de conceitos básicos de linguagens de modelagem conceitual de outras ontologias de fundamentação, aproveitando as características positivas e sanando as limitações detectadas (GUIZZARDI; WAGNER, 2004).

A UFO foi proposta inicialmente em por Guizzardi (2005) e é dividida em três camadas: UFO-A, que define o núcleo ontológico de indivíduos duradouros (*endurants*); UFO-B, que define um incremento da UFO-A incluindo os termos relacionados a processos (*perdurants*); UFO-C, que define termos relacionados às esferas sociais incluindo aspectos linguísticos, construída sobre as partes A e B. O escopo desta pesquisa se limita, neste momento, ao estudo da UFO-A, a partir da qual foi proposta a linguagem de modelagem OntoUML utilizada neste trabalho e descrita na próxima subseção.

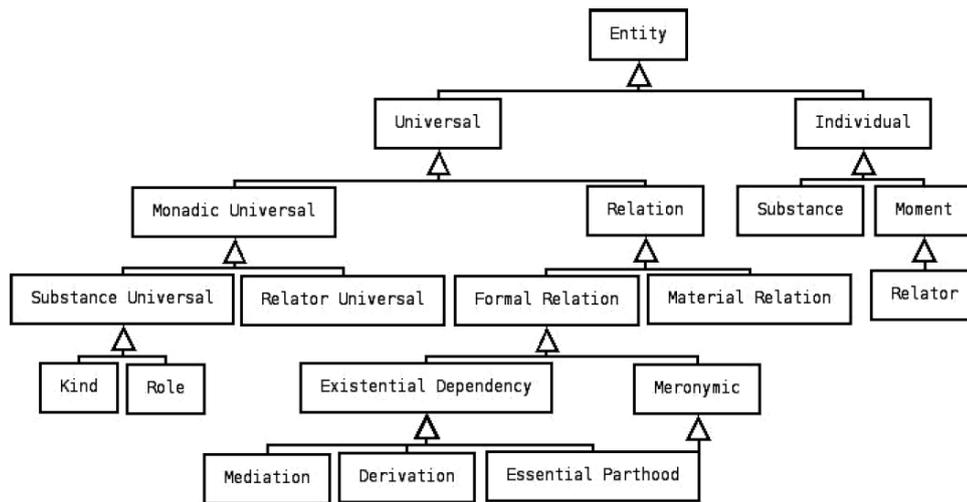


Figura 5 - Metamodelo da UFO.

Fonte: Guizzardi (2005).

Uma distinção fundamental da UFO-A é entre categorias de Indivíduo (*Individual*) ou Universal (*Universal*) para as Entidades, conforme pode ser identificado na Figura 5 e detalhado na Figura 6 e Figura 7 a seguir. Indivíduos são entidades que existem na realidade, possuindo uma identidade única, enquanto universais são padrões de características que podem ser instanciados em um número diferente de indivíduos (GUIZZARDI ET. AL., 2008).

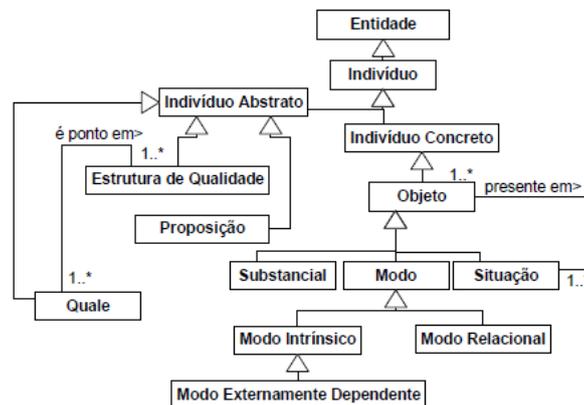


Figura 6 – Fragmento da UFO-A: Indivíduos

Fonte: Guizzardi et. al. (2008b)

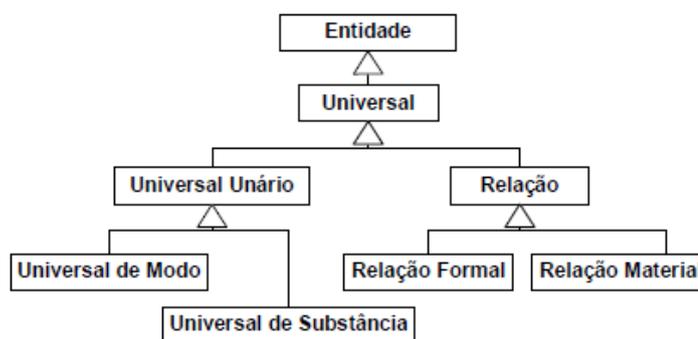


Figura 7 - Fragmento da UFO-A: Universais.

Fonte: Guizzardi et. al. (2008b).

Conforme em Guizzardi et. al. (2008) e Guizzardi (2005), detalha-se a seguir os demais elementos da UFO-A.

Substâncias (*substantial*) são indivíduos existencialmente independentes. Exemplos incluem objetos mesoscópicos do senso comum, tais como uma pessoa, um cachorro, uma casa, Tom Jobim e Os Beatles. A palavra **Modo** (*Mode*), em contraste, denota a instanciação de uma propriedade. Um modo é um indivíduo que só pode existir em outros indivíduos e é dito ser inerente a esses indivíduos. Exemplos típicos de modos são uma cor, uma carga elétrica, um sintoma etc. Um importante traço que caracteriza todos os modos é o fato deles só poderem existir em outros indivíduos. Por exemplo, uma carga elétrica só pode existir em algum condutor. Tecnicamente, diz-se que um modo é existencialmente dependente de outros indivíduos. A dependência existencial também pode ser usada para diferenciar modos intrínsecos e relacionais: **modos intrínsecos** (*intrinsic modes*) são dependentes de um único indivíduo (p.ex., uma cor, uma dor de cabeça, uma temperatura); **modos relacionais** (*relators*) dependem de vários indivíduos (por exemplo, um emprego, um tratamento médico, um casamento).

Considerando a distinção de categorias de indivíduos e universais, há categorias de **universais substanciais** (*substantial universals*) e **universais de modo** (*mode universals*). Exemplos do primeiro incluem maçã, planeta e pessoa. Exemplos do último incluem cor, carga elétrica e dor de cabeça.

Apresenta-se também o conceito de **estrutura de qualidade** (*quality structure*). A ideia é que para diversos universais de propriedade que podem ser percebidos ou concebidos há uma estrutura de qualidade associada na cognição humana. Por exemplo, altura e massa são associadas a estruturas unidimensionais isomórficas à parte não negativa

da linha dos números reais. Outras propriedades como cor e sabor são representadas por estas estruturas. Estruturas de qualidade são, junto com conjuntos, números e proposições, exemplos de indivíduos abstratos.

Relações são entidades que aglutinam outras entidades. Na literatura da Filosofia, duas categorias amplas de relações são tipicamente consideradas, a saber, **relações formais** e **materiais**. Relações formais acontecem entre duas ou mais entidades diretamente, sem nenhum outro indivíduo intervindo. Em princípio, a categoria de relações formais inclui aquelas relações que formam a superestrutura matemática de nosso arcabouço, incluindo dependência existencial, parte-de, subconjunto-de, instanciação, dentre outras. Relações materiais, por outro lado, possuem estrutura material por si próprias e incluem exemplos como *trabalhar em*, *estar matriculado em* ou *estar conectado a*. Enquanto, por exemplo, a relação formal entre Paulo e seu conhecimento x de Grego acontece diretamente e tão logo Paulo e x existam.

Finalmente, considera-se a noção de **situação**. Situações são entidades complexas constituídas possivelmente por vários objetos (incluindo outras situações), sendo tratadas aqui como um sinônimo para o que é chamado na literatura de estado de coisas (*state of affairs*), ou seja, uma porção da realidade que pode ser compreendida como um todo. São exemplos de situações: “João está gripado e com febre”, e “Maria está casada com João”. Tomando por base a noção de situação, define-se a relação “estar presente em” entre objetos e as situações que eles constituem. Por exemplo, pode-se dizer que o substancial João e seus modos febre e gripe estão presentes na situação “João está gripado e com febre”.

Foram apresentados nesta seção os fundamentos básicos da UFO, a partir das principais referências encontradas na literatura. Uma vez que essa ontologia de fundamentação é utilizada como instrumento desta pesquisa, este estudo é essencial para o entendimento das questões referentes à metodologia da pesquisa e a sua aplicação, principalmente em termos do mapeamento dos elementos dos modelos conceituais elaborados em UML, alvos desta pesquisa, para modelos ontologicamente adaptados.

No contexto das relações que compõem a UFO, definidas por Guizzardi (2005), destacam-se as relações meronímicas (*meronymic relations*), referindo-se às relações parte-todo. Em particular, existem duas meta-propriedades associadas a esta relação: *é-essencial* (*isEssential*) e *é-inseparável* (*isInseparable*). A primeira implica que apenas o todo é existencialmente dependente da parte, e a segunda implica que a parte e o todo não existem

separadamente. Estes dois conceitos referem-se aos conceitos de agregação e composição em UML, que também aborda a convivência entre as partes e o todo.

De acordo com Guizzardi (2005), a UML define apenas dois tipos de relações parte-todo, a agregação e composição. Isso porque o metamodelo UML considera apenas uma definição geral única para objetos, sendo indiferente às distinções ontológicas entre os tipos de entidade. Para cobrir essa lacuna, a UFO considera quatro tipos de relação parte-todo, com base em tipos de entidades que compõem as relações derivadas das relações meronímicas, denominadas: subQuantidadeDe (**subQuantityOf**), que relaciona os indivíduos que são quantidades; subColeçãoDe (**subCollectionOf**), que relaciona os indivíduos que são coletivos (plurais); membroDe (**memberOf**), que relaciona os indivíduos que são complexos funcionais, singulares ou coletivos, como partes de indivíduos que são coletivos; e componenteDe (**componentOf**), que relaciona indivíduos que são complexos funcionais (Figura 8).

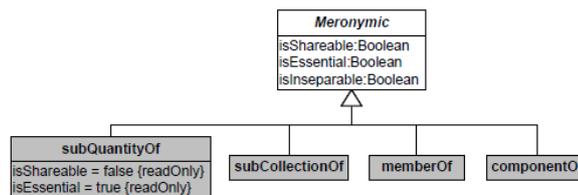


Figura 8 – Tipos de relação parte-todo na UFO.

Fonte: Guizzardi (2005).

A Figura 9 ilustra os tipos de entidades que participam dos quatro tipos de relação parte-todo na UFO: Coletivo (**Collective**), Complexo Funcional (**FunctionalComplex**) e Quantidade (**Quantity**).

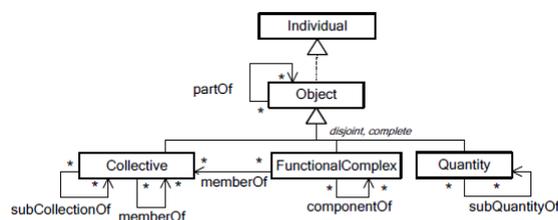


Figura 9 – Tipos de entidade nas relações parte-todo.

Fonte: Guizzardi (2005).

- a) **Quantidade:** Refere-se à quantidade de material. Por exemplo, água, açúcar, vinho, etc. A subQuantidade de matéria sempre se refere ao mesmo tipo de matéria. Ex.: Qualquer subQuantidade de água também é água (Figura 10).



Figura 10 – Relação parte-todo entre quantidades – subQuantidadeDe.

Fonte: Guizzardi (2005).

- b) **Coletivo:** Podem ter partes que não são do mesmo tipo, como árvore e floresta. Neste caso, um conjunto que não é infinitamente divisível, ou seja, uma floresta não pode ser composta apenas de uma árvore, mas um conjunto de árvores. Este tipo de elemento pode ser representado na relação membroDe, ao lidar com a relação entre as entidades singulares e plurais ou subColeçãoDe, ao lidar com a relação entre as entidades plurais. A Figura 11 e a Figura 12 representam esses dois tipos de relações mencionadas.

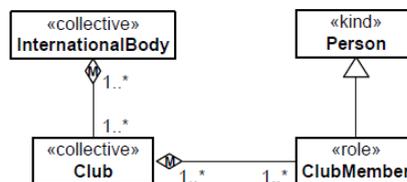


Figura 11 – Exemplo da relação membroDe.

Fonte: Guizzardi (2005).



Figura 12 – Exemplo da relação SubColeçãoDe.

Fonte: Guizzardi (2005).

- c) **Complexo funcional:** Diferentemente dos coletivos, nos complexos funcionais cada elemento pode ter um papel específico. Por exemplo, entre uma frota de navios podem existir navios de defesa, navios de armazenamento, etc. Os complexos são constituídos por peças que desempenham papéis múltiplos no contexto de um conjunto. As partes de um complexo têm em comum o fato de ter

uma ligação funcional com o complexo todo. Em outras palavras, todas as partes contribuem para a funcionalidade (ou conduta) do conjunto (Figura 13).

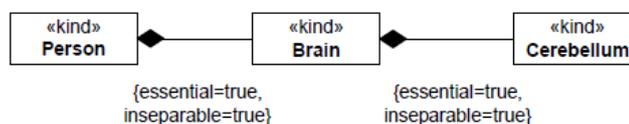


Figura 13 – Exemplo da relação componenteDe entre complexos.

Fonte: Guizzardi (2005).

Acredita-se que a falta de definições rigorosas para os conceitos de um domínio é a principal causa de problemas encontrados na modelagem de sistemas de informação. O que ocorre, em geral, é uma correspondência pobre dos modelos com a realidade, inconsistências, ambiguidades, e assim por diante. Assim, a classificação dos conceitos através dos tipos definidos por Guizzardi (2005) representa um passo adiante na compreensão do domínio antes mesmo da sua representação em um diagrama.

3.1.2. OntoUML

Para possibilitar a modelagem conceitual de ontologias de fundamentação, foi proposta por Guizzardi (2005) uma linguagem de modelagem conceitual que contempla como primitivas de modelagem as distinções (ou restrições) ontológicas propostas pela UFO-A.

Enquanto linguagens de modelagem como a UML são avaliadas com base em seu uso bem-sucedido no desenvolvimento de sistemas de informação, linguagens de especificação de ontologias e ontologias de fundamentação estão enraizadas nas teorias de princípios filosóficos sobre os tipos de coisas que existem e as suas relações básicas. Para a formalização da OntoUML, Guizzardi acredita que a definição dos constructos da UML apenas em termos de sua semântica matemática, embora essencial, não é suficiente para torná-la uma linguagem de representação de ontologias adequada. O autor afirma que, a fim de modelar a realidade, uma linguagem de modelagem deve ser fundamentada em ontologias formais de alto nível, ou seja, a partir de semânticas formais e ontológicas (GUIZZARDI ET. AL, 2004).

Esta linguagem, denominada OntoUML, foi construída seguindo um processo descrito em Guizzardi et. al. (2009), no qual: (i) o metamodelo da linguagem original, o

Meta-Object Facility (MOF) da UML 2.0 (OMG, 2012), é reparado para garantir um isomorfismo em seu mapeamento para a estrutura definida pela ontologia de referência, a UFO-A; (ii) em seguida, a axiomatização da ontologia de fundamentação é transferida para o metamodelo da linguagem, por meio de restrições formais incorporadas a esse metamodelo. O objetivo dessa etapa é garantir que a linguagem só admitirá como modelos gramaticalmente válidos aqueles modelos que satisfazem (do ponto de vista lógico) à axiomatização da UFO, ou seja, aqueles modelos que são considerados válidos segundo essa teoria. A OntoUML também incorpora um conjunto de padrões de modelagem de ontologias (*ontological design patterns*) para solução de alguns problemas clássicos de modelagem no que diz respeito a, por exemplo, modelagem de papéis (GUIZZARDI ET. AL., 2004) e a resolução do problema de transitividade da relação parte-todo (GUIZZARDI, 2008). Além disso, em Guizzardi (2005) é proposto um conjunto de diretivas metodológicas para a criação de ontologias usando a linguagem OntoUML.

O grupo de pesquisa em ontologias da Universidade Federal do Espírito Santo, o NEMO (NEMO, 2012), tem se dedicado atualmente ao desenvolvimento de ferramentas computacionais para dar suporte automatizado à construção de modelos em OntoUML. Um exemplo é o editor gráfico de modelos OLED, descrito na seção a seguir.

3.1.3. OntoUML Lightweight Editor - OLED

O OLED (OLED, 2013) é um editor para a linguagem de modelagem OntoUML que está em desenvolvimento pelo grupo NEMO.

A ferramenta tem como objetivo fornecer um conjunto simples, leve e integrado de recursos como modelagem, verificação de sintaxe, simulação e transformação (como a OWL, linguagem para especificação de ontologias e SBVR, linguagem para especificação de regras de negócio) para modelos baseados em ontologia, mais especificamente modelos baseados na UFO.

Por se tratar de uma ferramenta ainda em desenvolvimento, com documentação e literatura incipientes, tem-se pouca informação para compor este referencial teórico. Assim, foi realizado um estudo exploratório sobre o editor, a partir de documentos e manuais compartilhados pelo grupo NEMO, em contribuição a esta pesquisa.

A Figura 14 apresenta a interface gráfica do OLED.

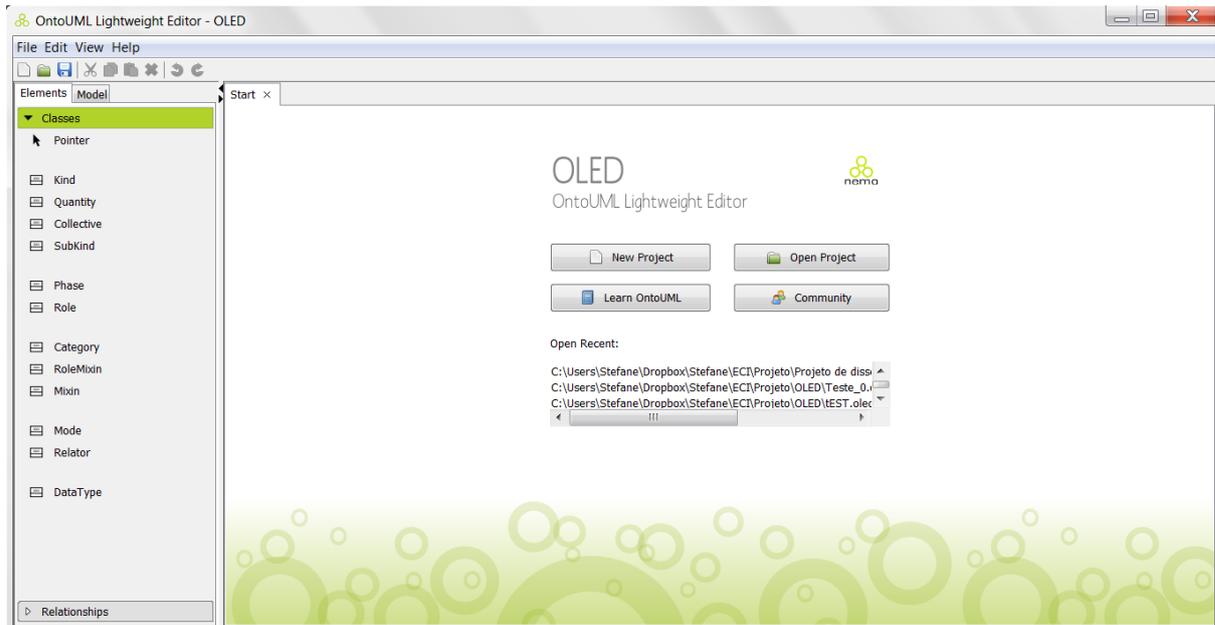


Figura 14 - Interface do OLED.

Fonte: OLED (2013).

4. Metodologia

Esta seção descreve a metodologia utilizada para a pesquisa. Do ponto de vista da metodologia científica, classifica-se esta pesquisa da seguinte forma (GIL, 1994):

- Sob o ponto de vista da sua natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois é orientada à solução de problemas específicos, no contexto da modelagem conceitual para o desenvolvimento de sistemas de informação;
- Do ponto de vista da forma de abordagem, é uma pesquisa qualitativa, pois a análise dos resultados obtidos não será traduzida em números, mas em critérios qualitativos observados, tais como os tipos de erros de modelagem encontrados;
- Sob o ponto de vista dos objetivos, trata-se também de uma pesquisa explicativa e de caráter experimental, pois busca analisar e avaliar a modelagem conceitual de sistemas de informação sob a ótica das ontologias;
- Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa-ação, na qual ocorre uma intervenção em uma situação social por parte do pesquisador, em um ambiente no qual está envolvido, com a intenção de melhorar esta situação e aprender com ela (WIERINGA e MORALI, 2012). Neste caso, envolve o estudo de alguns objetos de um contexto de maneira que se permita um amplo e detalhado conhecimento.

A metodologia deste trabalho consiste de etapas que compõem a avaliação de modelos conceituais elaborados em um projeto de desenvolvimento de sistema de informação e a conseguinte proposta de melhoria para a modelagem, baseada na ontologia de fundamentação UFO. Durante a etapa de seleção dos modelos, verificou-se um número considerável de modelos UML que utiliza relações do tipo parte-todo e ainda neste grupo, a partir de uma verificação prévia, destacou-se a utilização inadequada deste tipo de relação. Assim, a proposta de melhoria para a modelagem conceitual, neste trabalho, é voltada para o tratamento das relações parte-todo, a partir dos critérios ontológicos definidos na UFO que possam ajudar a identificar e analisar elementos de um domínio.

No restante da seção apresenta-se o objeto da pesquisa (item 4.1), a sua contextualização (item 4.2) e a descrição detalhada da metodologia de pesquisa (item 4.3), com as etapas que a compõe.

4.1. Definição do Objeto da Pesquisa - Modelos Conceituais de SI

Os modelos conceituais, objetos de estudo desta pesquisa, são modelos UML reais, elaborados no contexto de um projeto de desenvolvimento de sistema de informação em uma empresa pública do Estado de Minas Gerais. O sistema em questão é um ERP para o setor público, denominado *Government Resource Planning* (GRP). Com o nome de GRP Minas, o projeto tem o objetivo de prover uma solução modular e completamente integrada para automação das áreas operacionais de orçamento, financeira e contábil que administram processos de gestão do governo.

4.2. Contextualização do Objeto da Pesquisa

O projeto de desenvolvimento do GRP está organizado em três módulos, com base na temática abordada por cada um, sendo eles: Planejamento e Orçamento, Execução Orçamentária, Financeira e Contábil e Institucional. O gerenciamento executivo e o desenvolvimento do projeto foram designados à Companhia de Tecnologia da Informação do Estado de Minas Gerais - PRODEMGE. A PRODEMGE é uma empresa pública do Estado de Minas Gerais que, desde 1972, fornece serviços e desenvolve sistemas para as suas secretarias e departamentos.

Cada módulo do projeto GRP contém um ou vários projetos, o que torna o GRP Minas um programa composto por vários projetos. A estratégia de amostragem para a seleção dos modelos utilizados nesta pesquisa engloba projetos dos três módulos citados, pois os mesmos contêm projetos com a fase de Iniciação do processo de desenvolvimento já concluída, fase esta que tem o objetivo de capturar as informações de negócio para o produto bem como gerar modelos conceituais estáveis quanto a essas informações. Com esta estratégia, que será mais detalhada na seção 4.3.1 deste trabalho, pôde-se obter maior representatividade da amostra de modelos para o escopo avaliado, com o objetivo de representar o programa (ou produto) GRP Minas.

Para o melhor entendimento do contexto desta pesquisa quanto à modelagem de sistemas de informação, são consideradas algumas definições quanto aos níveis de

modelagem definidos no processo de software do GRP Minas, à abordagem de modelagem conceitual adotada e também quanto à abrangência de aplicação dos modelos do GRP.

Cabe aqui ressaltar que a pesquisadora, autora deste trabalho, é analista de processo de software da PRODEMGE e participou ativamente da definição e implantação do processo de software do GRP. Atualmente, a área de processo de software da empresa tem como missão a melhoria contínua dos processos de desenvolvimento e manutenção de software, bem como a garantia da qualidade. A forte participação e acompanhamento da área de processo de software no projeto GRP foi um fator decisivo para a escolha do projeto como alvo de estudo por esta pesquisa, na tentativa de melhorar os trabalhos do projeto e, em seguida, expandir as melhorias para toda a empresa.

Para que fosse possível desenvolver um projeto de tamanho risco e complexidade como o GRP, foi necessário para a PRODEMGE elaborar um novo processo de desenvolvimento de software, que estivesse adequado às tecnologias inseridas no projeto e que tratasse da mitigação dos riscos, principalmente técnicos, o quanto antes no ciclo de vida de desenvolvimento do produto. Uma das abordagens fortemente propostas por este novo processo é a modelagem de domínio, como está sendo chamada a modelagem conceitual, como passo fundamental e desvinculado de influências tecnológicas comumente utilizadas na atividade de modelagem praticada em projetos desenvolvidos pela PRODEMGE, que utilizam o seu processo tradicional de desenvolvimento de software. A receptividade da equipe do GRP a novas técnicas e métodos foi outro fator influenciador na escolha do projeto para este trabalho.

Os níveis de modelagem definidos no Guia de Modelagem de Conceitos, Classes e Dados (PRODEMGE, 2013), contido no processo de software do GRP Minas são: nível de domínio, nível de análise e nível de desenho. O nível de modelagem de domínio é tratado como elemento base para a derivação dos demais níveis. Esses níveis são detalhados a seguir e representados graficamente através da Figura 15.

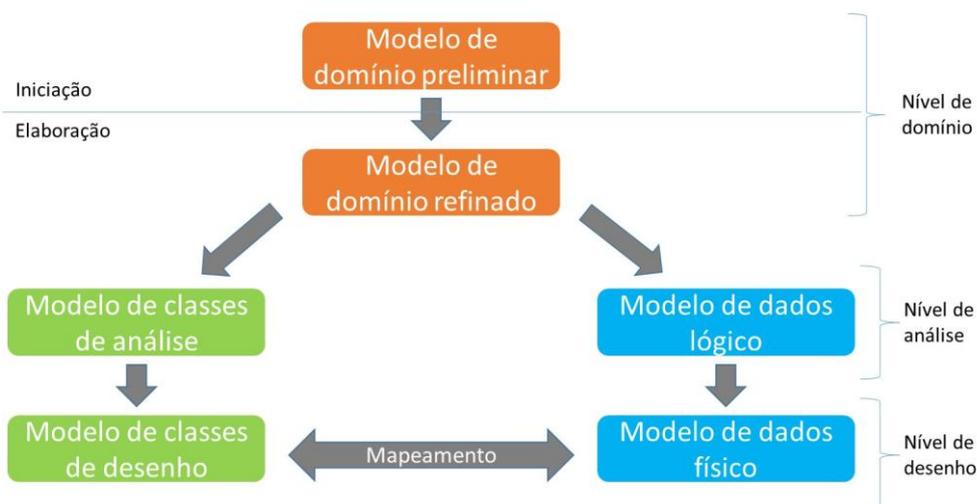


Figura 15 - Estrutura da modelagem do processo de software do GRP Minas.

Fonte: PRODEMGE (2013).

Define-se como nível de domínio (ou nível conceitual) aquele em que os elementos têm a representação fiel do domínio observado, independente da linguagem de representação gráfica, tecnologias ou técnicas de implementação, ou seja, o objetivo deste nível de modelagem é capturar os conceitos do domínio do negócio e suas relações. O modelo de domínio resultante neste nível é elaborado em dois momentos: no primeiro momento, na fase de Iniciação do processo de software, é elaborado o modelo de domínio preliminar, onde são capturados apenas os conceitos (classes conceituais) e seus relacionamentos; no segundo momento, no início da fase de Elaboração do processo, o modelo preliminar é refinado, com a inclusão de novos conceitos, alteração de conceitos existentes, inclusão de atributos, aplicação de elementos refinados da UML, etc.

O nível de análise contém as derivações do modelo de domínio para o modelo de classes de análise e também para o modelo de dados lógico, onde é inserido o comportamento necessário dos elementos na modelagem do sistema. As classes representadas no modelo de classes de análise devem significar evoluções dos conceitos identificados no modelo de domínio refinado, acrescidas de operações (métodos), organizações por pacotes lógicos de classes correlatas, classes associativas, etc. Normalmente, as classes de análise evoluirão diretamente para elementos do modelo de classes de desenho, sendo este o nível de modelagem subsequente. O modelo de dados lógico é uma representação lógica das informações de negócio em termos de dados, não é um banco de dados e é independente de um sistema de gerenciamento de banco de dados - SGBD e do

modelo de dados físico. A modelagem de dados lógica deve ser independente da tecnologia de banco de dados implementada devido a constante mudança dos produtos tecnológicos.

O nível de desenho representa um refinamento do nível de análise, sendo também uma abstração da implementação do sistema. Fazem parte deste nível o modelo de classes de desenho e o modelo de dados físico. Nesse momento são introduzidos elementos relacionados às tecnologias utilizadas, por exemplo Java para o modelo de classes e Oracle para o modelo de dados, como estruturas de implementação dos relacionamentos, controle de acessos, assinatura dos métodos das classes, criação e destruição de objetos, visibilidade dos atributos das classes, bem como elementos de implementação do banco de dados utilizado.

Quanto à abrangência de aplicação dos modelos no GRP, aplica-se a seguinte estrutura:

- **Modelo de Projeto:** Modelo que atende aos requisitos específicos de um projeto de software.
- **Modelo de Produto:** Modelo que atende aos requisitos do software ou produto de software e pode ser composto por vários modelos de projeto. Exemplo: Modelo de domínio do GRP Minas.
- **Modelo Corporativo Orientado por Assunto:** Refere-se ao modelo que é concebido a partir do conjunto de modelos de produtos (ou sistemas) que compõem um determinado assunto de negócio da organização. Exemplo: Saúde, Educação.
- **Modelo Corporativo Global:** Refere-se ao modelo que é concebido a partir do conjunto de modelos por assunto, representa o conjunto de negócios da organização. Exemplo: Modelo do Estado de Minas Gerais.

No contexto dos níveis de modelagem e da abrangência de aplicação dos modelos no GRP, são analisados neste trabalho **modelos de domínio de projeto**, pois as suas definições conceituais refletem diretamente nos demais níveis de abrangência que, como pode ser observado na estrutura apresentada, estão fortemente inter-relacionados.

Assim, adota-se o pressuposto de que existe um forte investimento na elaboração dos modelos de domínio dos projetos do GRP Minas e que tais modelos são passíveis de análise por esta pesquisa.

4.3. Descrição Detalhada da Metodologia de Pesquisa

Conforme a breve descrição no início da seção 4, a metodologia consiste na avaliação de modelos e em uma proposta de melhoria para a modelagem, baseada na ontologia. A avaliação consiste de etapas nas quais modelos de domínio de projeto são verificados quanto a sua aderência ao padrão ontológico da UFO. A proposta de melhoria advém da observação da utilização inadequada de relações do tipo parte-todo, através de testes dos modelos na ferramenta OLED, e define critérios ontológicos para orientar a aplicação deste tipo de relação na modelagem conceitual.

A partir do referencial teórico verificou-se a existência de alguns estudos sobre avaliação de modelos conceituais, dentre eles o trabalho de Oliveira (2009), que realizou o mapeamento de modelos de classes de projetos de sistema de informação para modelos ontologicamente adequados. Tal estudo sugere a viabilidade de avaliação de modelos conceituais a partir do uso de ontologias de fundamentação e constitui um insumo importante para esta pesquisa. A novidade da presente pesquisa, em relação ao estudo anterior citado, é a adição da verificação automática de restrições ontológicas através de uma ferramenta, aumentando assim a confiabilidade dos resultados. As etapas de realização da pesquisa são detalhadas nas seções a seguir.

4.3.1. Seleção dos modelos

No contexto do programa GRP Minas, cada projeto pode gerar um ou vários modelos de domínio escritos em notação UML e elaborados na etapa de análise de requisitos. A avaliação desses modelos na ferramenta OLED requer modelos estáveis, no sentido da estabilidade dos requisitos de negócio que cada modelo se propõe a representar, pois modelos não finalizados podem prejudicar os resultados dos testes. No contexto do GRP, além da estabilidade dos modelos também foi analisada a viabilidade de uma amostra composta por modelos de projetos dos três módulos do programa: Execução Orçamentária, Financeira e Contábil, Planejamento e Orçamento e Institucional, abrangendo, então, todo o GRP. Assim, obtém-se uma amostra que representa o escopo do programa/produto GRP Minas. A seleção dos modelos desconsidera o assunto de cada projeto, pois todos possuem uma forte interdependência temática.

Para que a seleção dos modelos seja coerente com a realidade que se deseja avaliar e para que os modelos avaliados possam ser representativos de todo o GRP Minas, foi realizado um estudo de alguns conceitos sobre a técnica de amostragem, que são esclarecidos a seguir.

Definições básicas (BOLFARINE e BUSSAB, 2005):

- Características populacionais: São os aspectos (as variáveis) da população que se está interessado em analisar. Neste trabalho serão os erros de modelagem observados.
- População alvo: É o número total de indivíduos ou elementos de um conjunto ao qual se deseja fazer inferência. A população pode ser finita ou infinita. Nesta pesquisa, a população alvo é finita e composta por 23 modelos do programa GRP. Este número representa o número total de modelos estáveis, conforme citado, disponíveis no momento desta pesquisa.
- População de estudo ou referenciada: É o grupo de elementos do qual a amostra é selecionada, ou seja, é a população que deveria ser representada pela amostra. Teoricamente a população referenciada deveria coincidir com a população alvo. Nesse estudo, a população referenciada coincide com a população alvo.
- Amostra: É uma coleção de elementos amostrais selecionados. As informações obtidas na amostra são utilizadas para descrever (ou inferir) sobre a população de interesse.
- Elemento: É o objeto no qual as características de interesse podem ser medidas. Neste caso, o elemento é o modelo.
- Representatividade: Uma amostra é representativa de uma população quando possui características quantitativas específicas em alguma proporção quanto a população total da qual ela provém.
- Tendenciosidade ou viés: Existe quando a amostra não é representativa da população devido a outras razões, como por exemplo, a não aleatoriedade da amostra, alta taxa de não respondentes, falta de memória dos informantes, ou qualquer outro fator não controlado que influencie na variável estimada.

A amostragem é uma técnica utilizada cotidianamente, pois possibilita inferir sobre toda uma população, analisando-se para isso alguns poucos elementos. A essência de uma boa amostra consiste em estabelecer meios para inferir, o mais precisamente possível, sobre as características da população através das medidas das características da amostra. Porém o uso inadequado de um procedimento amostral pode levar a um viés de interpretação do resultado, invalidando todo o trabalho (BOLFARINE e BUSSAB, 2005).

A escolha do tipo de amostragem levou em conta o tipo de pesquisa, a acessibilidade aos elementos da população e a disponibilidade dos elementos em uma lista para um sorteio. Para esta pesquisa, utilizou-se uma amostragem probabilística aleatória, eliminando qualquer tendenciosidade.

Na amostragem probabilística são adotados procedimentos de seleção nos quais cada elemento tem associada uma probabilidade de seleção diferente de zero. Na determinação do tamanho de uma amostra probabilística é definido o nível de significância e o erro estimado. O erro estimado representa a variação em que os valores obtidos na amostra diferem dos valores da população e esse erro decresce à medida que o tamanho da amostra aumenta. Então, a determinação do tamanho da amostra está diretamente relacionada ao erro e ao nível de significância, que determina o grau de confiança no resultado da amostra. Uma amostra muito pequena pode levar a resultados inconclusivos, ao passo que uma amostra muito grande pode inviabilizar a pesquisa (BOLFARINE e BUSSAB, 2005).

Considerando que o número total de modelos que compõem a população alvo deste trabalho é de 23 modelos, e que a variável de interesse é a ocorrência de erros de modelagem:

Seja Y a variável de ocorrência de erros nos modelos.

$Y=1$, se são encontrados erros nos modelos;

$Y=0$, se não são encontrados erros nos modelos;

Nesse caso, o cálculo do tamanho amostral para variáveis binárias, é dado por:

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\left(\frac{d}{Z_{\alpha/2}}\right)^2 + p(1-p)}$$

Figura 16 – Fórmula de cálculo do tamanho amostral para variáveis binárias.

Fonte: Bolfarine e Bussab (2005).

Onde:

N = tamanho da população;

n = tamanho da amostra;

p = proporção de modelos que apresentam erros;

d = erro máximo de estimação;

z_{α} = valor crítico da tabela normal para significância igual a $\alpha\%$.

De acordo com testes preliminares, realizados em alguns modelos e, dado o conhecimento da pesquisadora sobre os trabalhos de modelagem da empresa devido à sua inserção no contexto pesquisado, utilizou-se uma proporção de 95%, ou seja, $p=0,95$, para os modelos que apresentem erros de modelagem, dessa forma, o tamanho amostral, com a variação do nível de significância e do erro amostral, resultou nos seguintes valores:

α	Erro (d)					
	1%	2%	3%	4%	5%	10%
1%	23	23	22	21	20	14
5%	23	22	21	19	18	10
10%	23	22	20	18	16	8

Figura 17 – Simulação do tamanho amostra

Fonte: Elaborado pela autora.

Optou-se por trabalhar com um nível de significância de 5% e erro de 10%, resultando em um tamanho amostral de 10 modelos, conforme destacado na Figura 17.

Os modelos selecionados para a amostra são apresentados na seção 5.1.

4.3.2. Mapeamento dos modelos selecionados para a OntoUML

Conforme já explicado, os modelos de domínio originais do GRP são representados originalmente através da notação gráfica UML. O objetivo desta etapa é obter

esses modelos representados graficamente em OntoUML, linguagem de modelagem baseada na UFO e suportada pelo *framework* de verificação OLED.

Os modelos selecionados na etapa anterior (item 4.3.1) são mapeados da UML para a OntoUML a partir da estrutura de elementos e especificação proposta na UFO. Para isto, cada elemento (classe e relacionamento) identificado no modelo UML é confrontado com a especificação da UFO (vide Figura 5) e então mapeado para um ou mais elementos compatíveis na OntoUML, resultando em um modelo reescrito em OntoUML.

Para esta etapa, foi utilizado o *template* de modelagem OntoUML da ferramenta *Enterprise Architect* (EA) (SPARX, 2013) (OLED, 2013), que contém o conjunto de elementos necessários para a modelagem, como mostra a Figura 18. Esta decisão levou em conta a ferramenta utilizada para elaboração dos modelos originais em UML, o EA, e também a recomendação do grupo NEMO em não utilizar o editor gráfico do OLED, que está em fase instável. Assim, os modelos foram reescritos no EA, exportados em formato xml e importados neste mesmo formato no OLED para os testes.

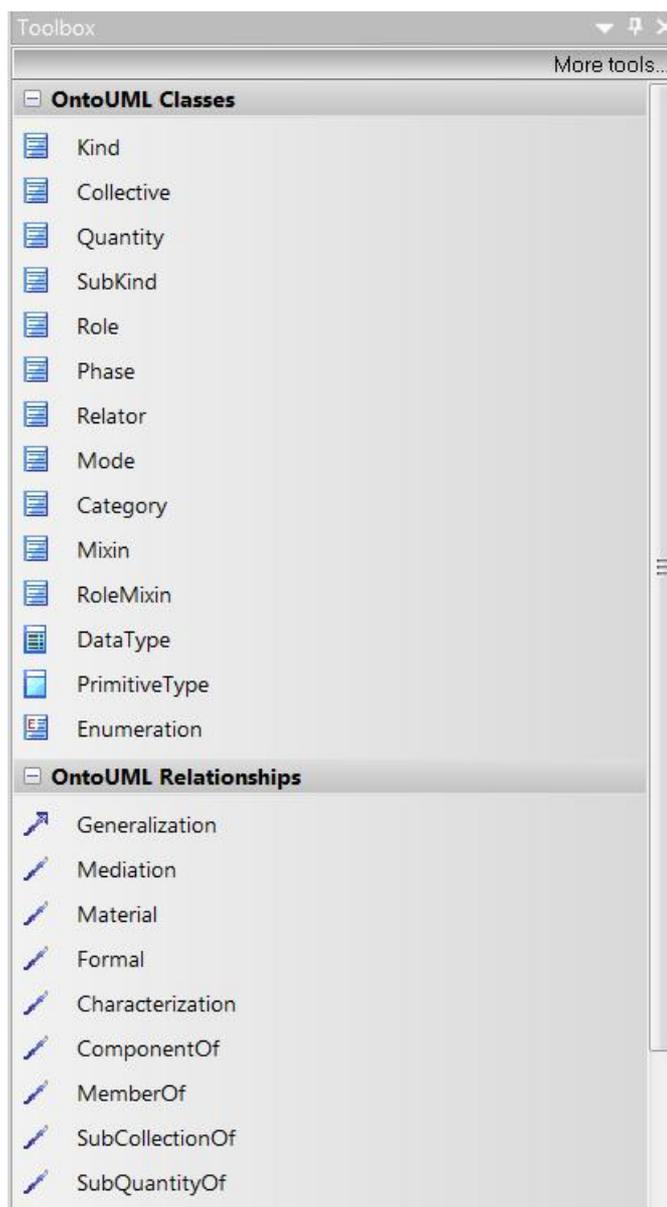


Figura 18 – Caixa de ferramentas para modelagem OntoUML no EA

Fonte: Captura de tela da ferramenta EA.

4.3.3. Testes

Nesta etapa os modelos reescritos em OntoUML são submetidos ao teste de verificação sintática disponível no OLED. Para isto, cada modelo reescrito em OntoUML é importado na ferramenta.

Foram encontradas poucas referências na literatura sobre o OLED. A princípio, a verificação sintática proposta pela ferramenta utiliza o metamodelo da OntoUML, sobre o

qual a ferramenta foi implementada, para comparar o modelo submetido às restrições ontológicas do metamodelo (BENEVIDES E GUIZZARDI, 2009).

4.3.4. Identificação de critérios ontológicos

A partir dos resultados obtidos nos testes de verificação sintática, foi possível observar que algumas relações não foram bem definidas pelos analistas envolvidos no projeto. Nesse trabalho, foram avaliadas especificamente as relações parte-todo.

A fim de melhorar este ponto específico da modelagem, buscou-se uma consolidação dos critérios ontológicos definidos na UFO para relações parte-todo, os quais são apresentados na Tabela 1. Esta tabela apoia o passo seguinte proposto nesta metodologia, que consiste na correção dos modelos testados, e pode apoiar também analistas responsáveis pela modelagem conceitual de sistemas na definição dos elementos do domínio que está sendo modelado. Os critérios apresentados são baseados nos tipos de conceitos e relações especificadas no UFO (ver seção 3.1.1), no que tange às suas definições para relações parte-todo.

Critério	Sub-critério	Descrição do critério/sub-critério
C1		Quantidade sempre se refere a <i>quantidade de matéria</i> e a Sub-Quantidade (parte) tem o mesmo tipo de matéria que a Quantidade (todo). Se um termo definido para o domínio representa uma Quantidade ou Sub-Quantidade, provavelmente existe uma relação parte-todo.
C2		Coletivos e Complexos Funcionais referem-se a <i>objetos</i> . Vale a pena, então, classificar os elementos do domínio que representam objetos e verificar a existência de Coletivos ou Complexos Funcionais. Se existirem objetos desses tipos, pode ser um sinal da existência de relações parte-todo.
	SC1	Coletivos podem ser um subconjunto de Indivíduos, com os mesmos tipos de objetos em partes e todos na relação subColeçãoDe, ou podem ser representados por diferentes tipos de Indivíduos, através

		da relação membroDe.
C3		Complexos Funcionais são compostos por partes que desempenham múltiplos papéis no contexto de um todo. Assim, objetos com esta característica devem ser observados em todo o contexto do domínio. A existência deste tipo de objeto no domínio indica a possibilidade de existir relação parte-todo, como a relação componenteDe.
	SC2	Todas as partes de um Complexo devem ter uma ligação funcional com o todo, pois todas elas contribuem para a funcionalidade (ou comportamento) do Complexo.

Tabela 1 – Critérios ontológicos para relações parte-todo.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Guizzardi (2005).

4.3.5. Correção dos modelos conforme os critérios ontológicos

A última etapa da metodologia desta pesquisa consiste na proposta de novos modelos, ontologicamente adequados, a partir dos testes realizados e conforme os critérios ontológicos apresentados na seção anterior. Os insumos para esta etapa são: os modelos reescritos em OntoUML e testados no OLED; os resultados retornados pela ferramenta e o EA, para o redesenho dos modelos OntoUML. As etapas de teste e correção são repetidas até que os modelos estejam livres de erros.

5. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados da execução de cada etapa da metodologia juntamente com a sua análise.

5.1. Seleção

A partir da definição do tamanho da amostra, conforme apresentou a seção 4.3.1, foram selecionados aleatoriamente para compor a amostra, por sorteio na ferramenta Excel, 10 modelos, enfatizados em negrito na Tabela 2.

Número	Modelo
1	Evolução da receita
2	Arrecadar, recolher e classificar receita
3	Contas bancárias e escriturais
4	Administração pública estadual
5	Anulação de despesa orçamentária
6	Ordem de pagamento escritural
7	Pessoa
8	Estrutura organizacional e funcional
9	Despesa
10	Lei de diretriz orçamentária - LOA
11	Extrato bancário e conciliação bancária
12	Execução orçamentária da despesa
13	Plano plurianual de ações governamentais - PPAG
14	Orçamento
15	Natureza jurídica
16	Pessoa e regime jurídico
17	Empenhamento da despesa
18	Receita
19	Transmissão bancária
20	Planejamento e orçamento
21	Programação orçamentária
22	Restos a pagar
23	Restituir receita

Tabela 2 - Seleção da amostra a partir da população alvo.

Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 3 resume os modelos que compõem a amostra.

Número	Modelo
1	Evolução da receita
4	Administração pública estadual
6	Ordem de pagamento escritural
7	Pessoa
8	Estrutura organizacional e funcional
10	Lei de diretriz orçamentária - LOA
13	Plano plurianual de ações governamentais - PPAG
17	Empenhamento da despesa
19	Transmissão bancária
21	Programação orçamentária

Tabela 3 - Modelos selecionados aleatoriamente, por sorteio.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2. Mapeamento e Testes

Esta seção apresenta o modelo original em UML, o modelo mapeado para OntoUML e o resultado do teste no OLED para os 10 modelos selecionados, apresentados na Tabela 3. Apresenta-se, ainda, um detalhamento das correções propostas, quando aplicáveis, juntamente com as lições aprendidas para cada modelo. O detalhamento dos erros retornados pelo OLED é apresentado no Apêndice A, organizado por modelo e por tipo de erro.

5.2.1. Modelo: Evolução da receita

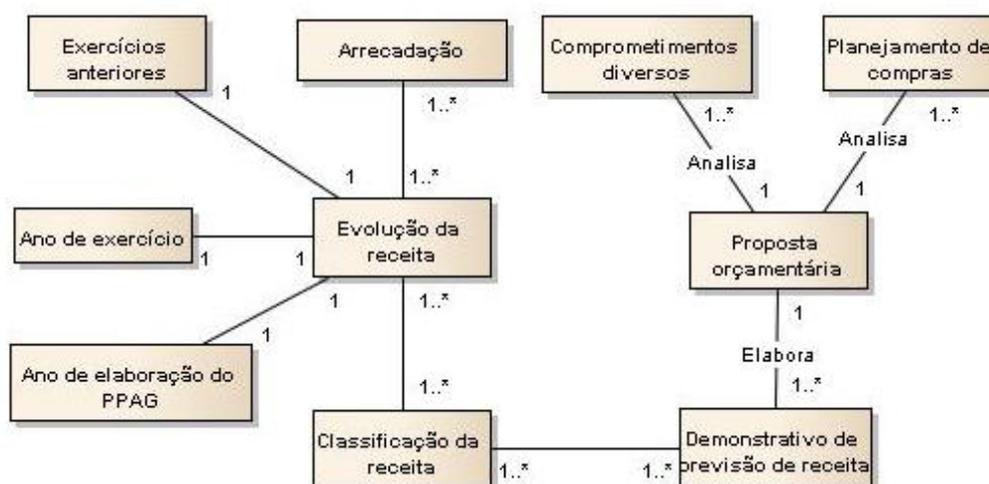


Figura 19 – Modelo UML – Evolução da receita.

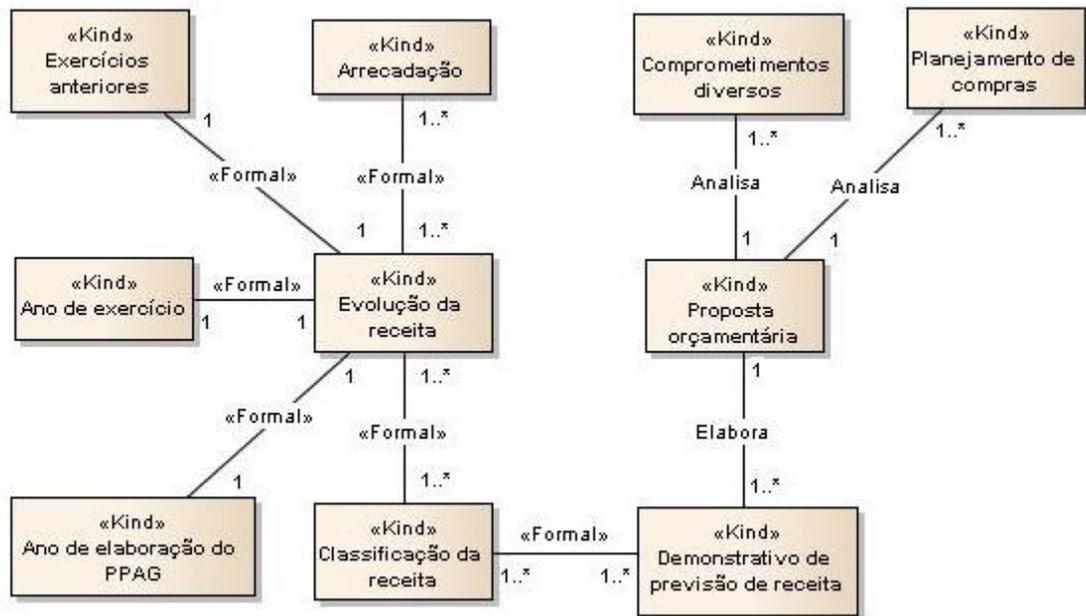


Figura 20 – Modelo OntoUML – Evolução da receita.

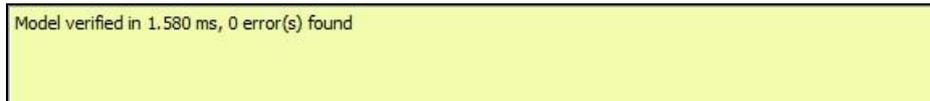


Figura 21 – Teste OLED – Evolução da receita.

De acordo com o teste no OLED e com a análise do domínio modelado, o modelo Evolução da receita está correto. Assim, não se aplicam as correções e lições aprendidas.

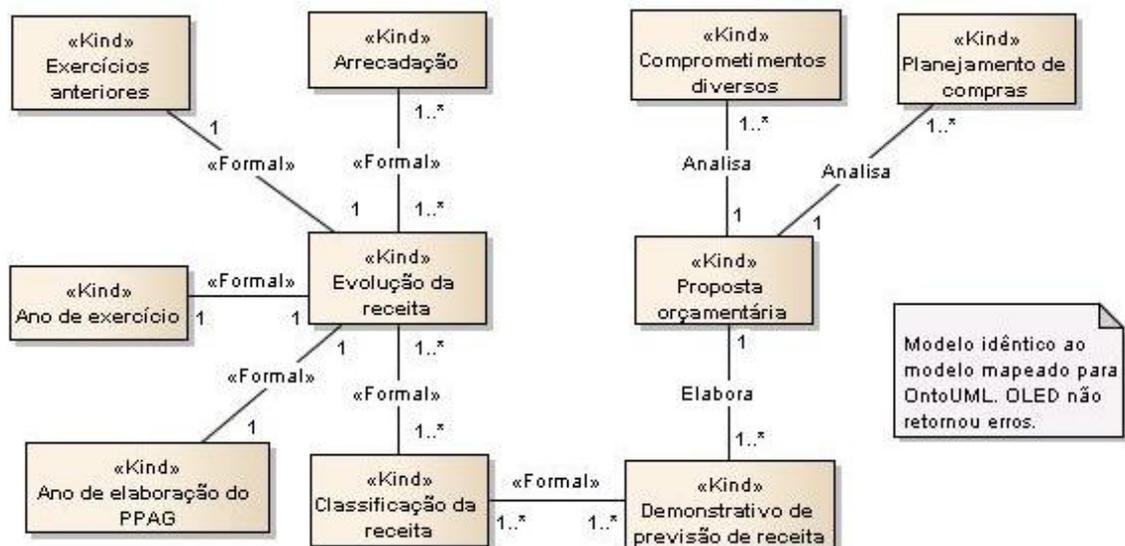


Figura 22 – Modelo Proposto – Evolução da receita.

5.2.2. Modelo: Administração pública estadual

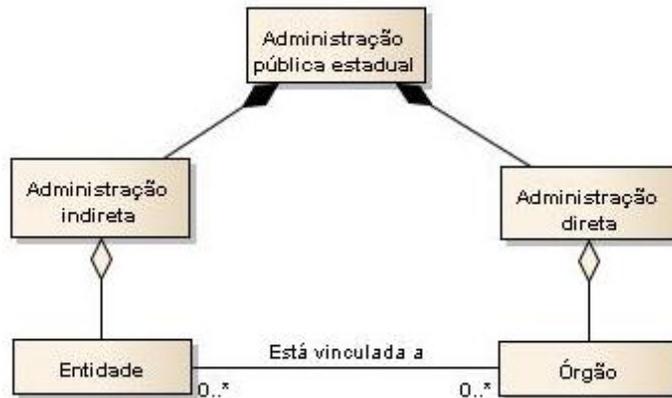


Figura 23 – Modelo UML – Administração pública estadual.

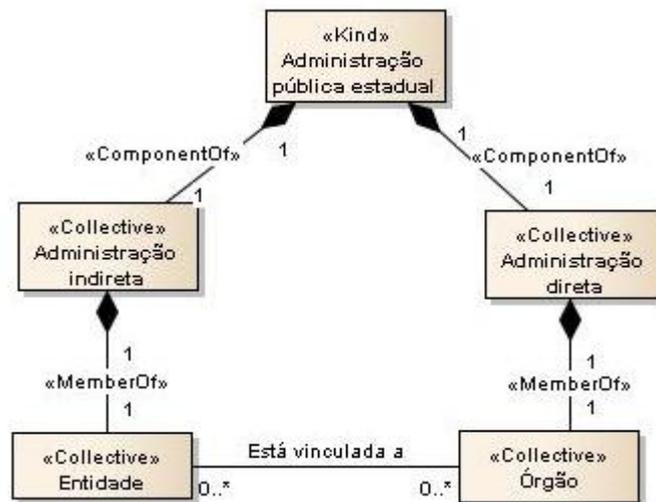


Figura 24 – Modelo OntoUML – Administração pública estadual.

ERROR: The model is not valid sintactically. The following error(s) where found:

[unnamed] (<<memberof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

[unnamed] (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

[unnamed] (<<memberof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

[unnamed] (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Model verified in 6.303 ms, 4 error(s) found

Figura 25 – Teste OLED – Administração pública estadual.

Correção proposta	Descrição da correção	Lição aprendida
Substituição das relações parteto do por relações de especialização.	Analisando os elementos modelados no domínio, observa-se que os conceitos Administração direta e	De acordo com o subcritério ontológico SC1, detalhado na Tabela 1, Coletivos são classificados como um

	<p>Administração indireta são tipos de Administração pública estadual e não partes desta última.</p>	<p>subconjunto de Indivíduos. Assim, Administração direta e indireta não caracterizam subconjuntos, pois tratam de objetos distintos de Administração pública. O mesmo acontece para Entidade e Órgão, ou seja, são objetos distintos de Administração direta e indireta, com características próprias.</p> <p>Lição: Uma importante lição observada a partir do critério ontológico é que a distinção dos objetos do domínio facilita a classificação dos conceitos e relações modelados.</p>
--	--	---

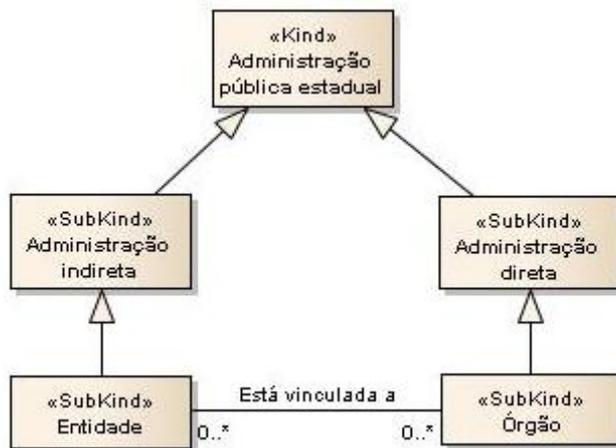


Figura 26 – Modelo Proposto – Administração pública estadual.

5.2.3. Modelo: Ordem de pagamento escritural

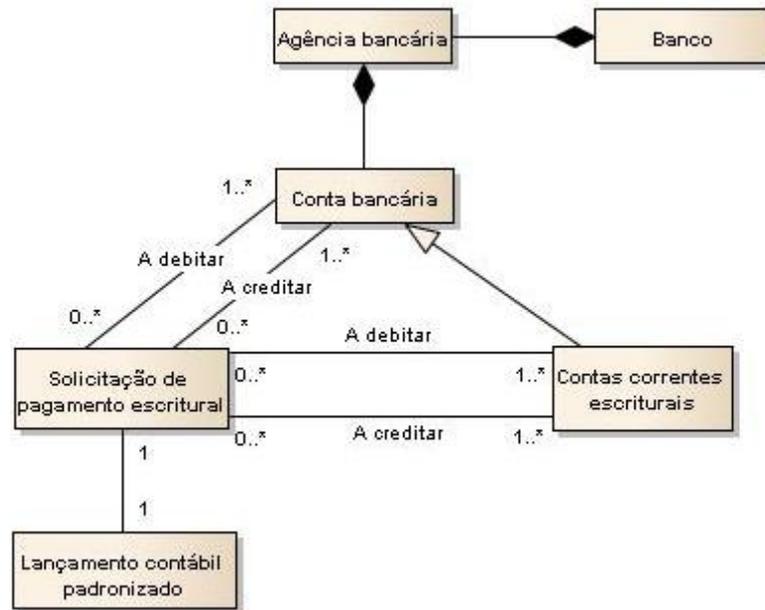


Figura 27 – Modelo UML – Ordem de pagamento escritural.

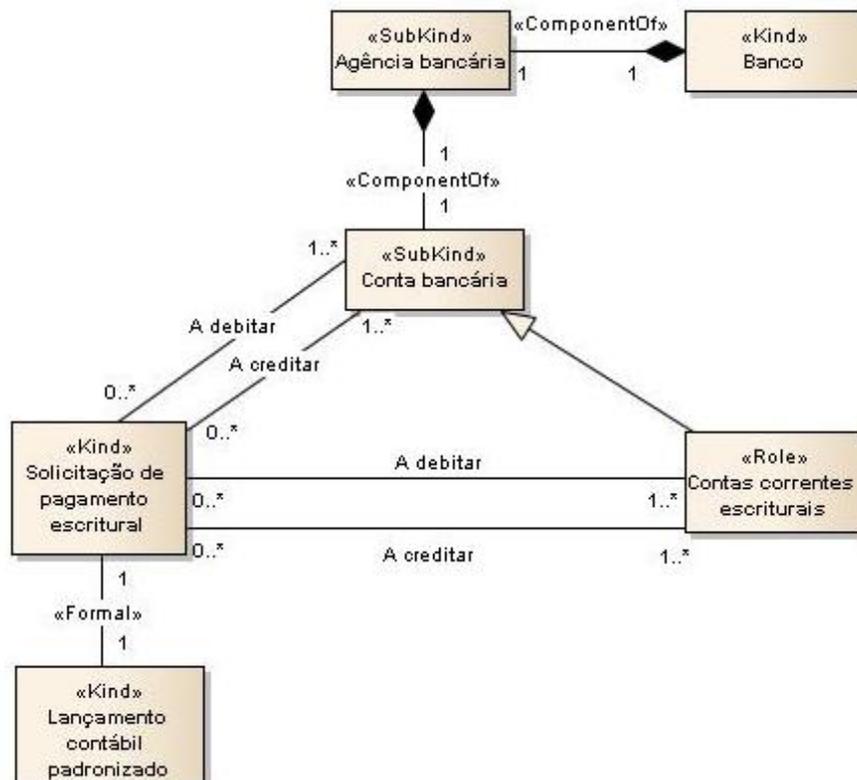


Figura 28 – Modelo OntoUML – Ordem de pagamento escritural.

ERROR: The model is not valid syntactically. The following error(s) where found:

Agência bancária (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Conta bancária (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Contas correntes escriturais (<<role>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Contas correntes escriturais (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Agência bancária->Conta bancária (<<componentof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

Agência bancária->Conta bancária (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)

Agência bancária->Conta bancária (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Banco->Agência bancária (<<componentof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

Banco->Agência bancária (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Model verified in 210 ms, 9 error(s) found

Figura 29 – Teste OLED – Ordem de pagamento escritural.

<i>Correção proposta</i>	<i>Descrição da correção</i>	<i>Lição aprendida</i>
1) Alteração das relações entre Banco, Agência bancária e Conta bancária. 2) Exclusão das relações entre Contas correntes escriturais e Solicitação de pagamento escritural.	1) Conta bancária, Agência bancária e Banco não representam os mesmos tipos de objetos no domínio. Os três conceitos possuem características distintas, a exemplo da multiplicidade dos seus relacionamentos. 2) Contas correntes escriturais representam tipos de Conta bancária. Como Solicitação de pagamento escritural está relacionado ao conceito genérico Conta bancária, não se faz necessário o relacionamento direto com Contas correntes escriturais.	A mesma lição observada para o modelo Evolução da Receita, sobre a distinção dos objetos do domínio, se aplica neste caso.

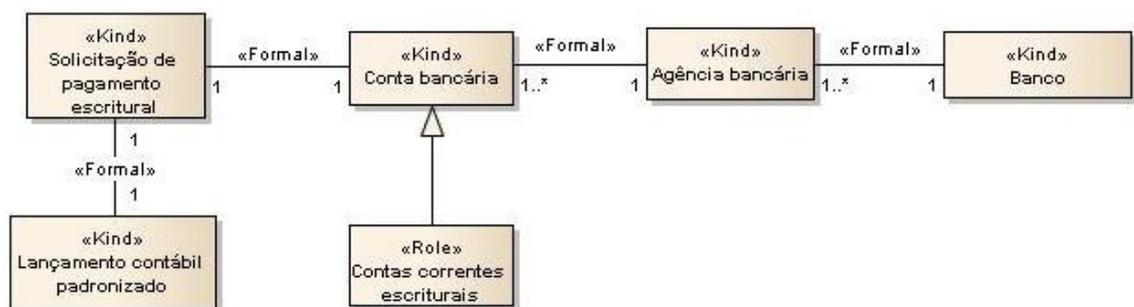


Figura 30 – Modelo Proposto – Ordem de pagamento escritural.

5.2.4. Modelo: Pessoa

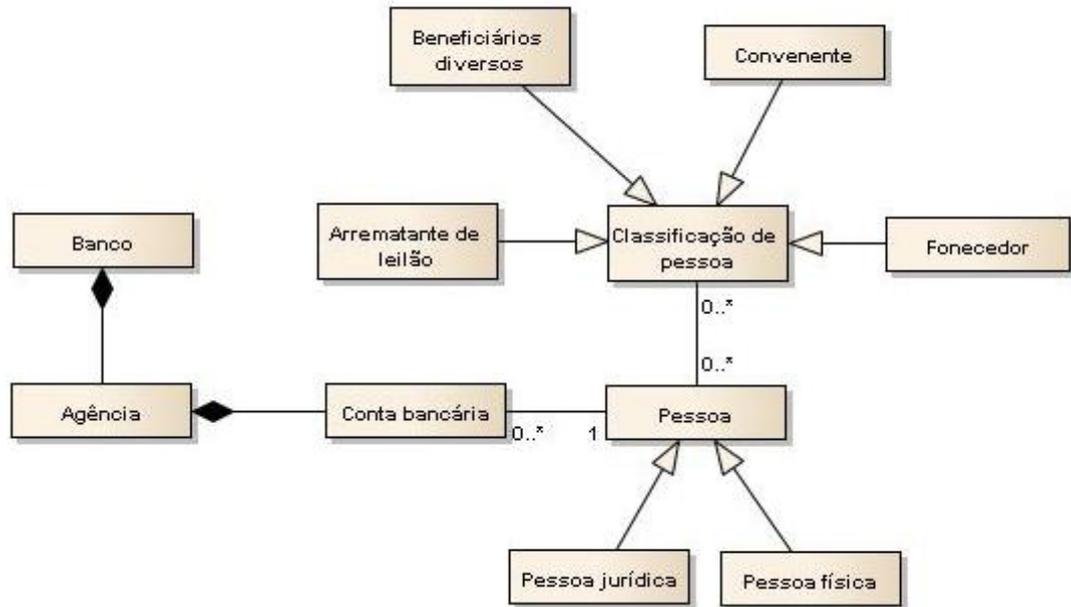


Figura 31 – Modelo UML – Pessoa.

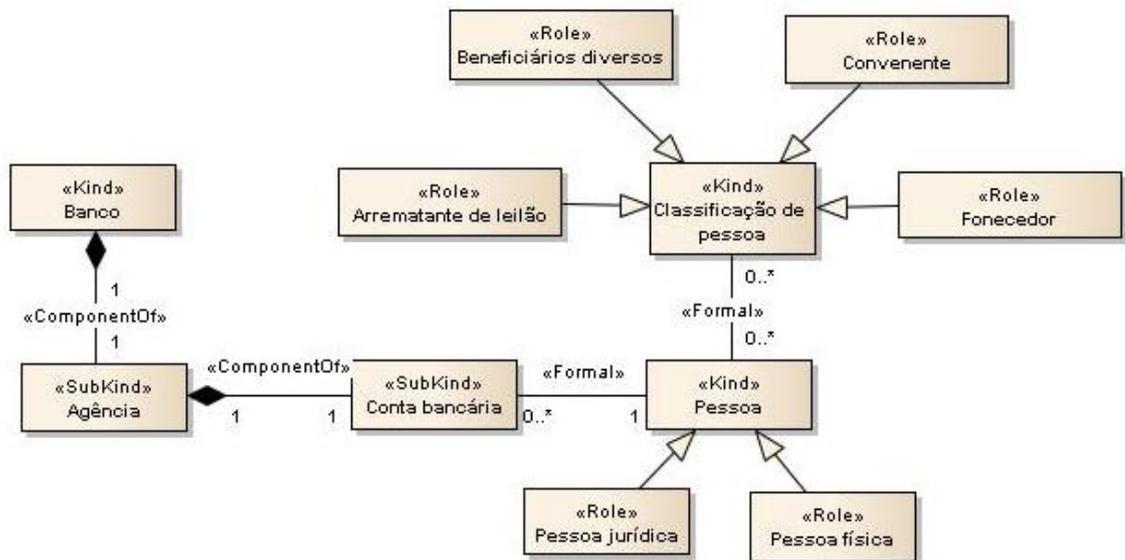


Figura 32 – Modelo OntoUML – Pessoa.

```

ERROR: The model is not valid syntactically. The following error(s) where found:

Agência (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Arrematante de leilão (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Beneficiários diversos (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Conta bancária (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Convenente (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Fonecedor (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Pessoa física (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Pessoa jurídica (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Agência->Conta bancária (<<componentof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

Agência->Conta bancária (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)

Agência->Conta bancária (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Banco->Agência (<<componentof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

Banco->Agência (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Model verified in 50 ms, 13 error(s) found

```

Figura 33 – Teste OLED – Pessoa.

Correção proposta	Descrição da correção	Lição aprendida
Exclusão dos conceitos Conta bancária, Agência e Banco e seus relacionamentos.	De acordo com os requisitos e com os especialistas do negócio, os conceitos Conta bancária, Agência e Banco não fazem parte do domínio Pessoa, que aborda a representação dos dados institucionais do conceito Pessoa e suas classificações.	É importante observar se os conceitos modelados representam o escopo desejado. Observa-se que a alternativa de modelagem <i>bottom-up</i> , partindo do nível mais baixo de modelagem (identificação, conceituação e classificação dos conceitos) para um nível mais alto (modelo completo) possibilita um modelo mais assertivo do ponto de vista da representação do escopo.

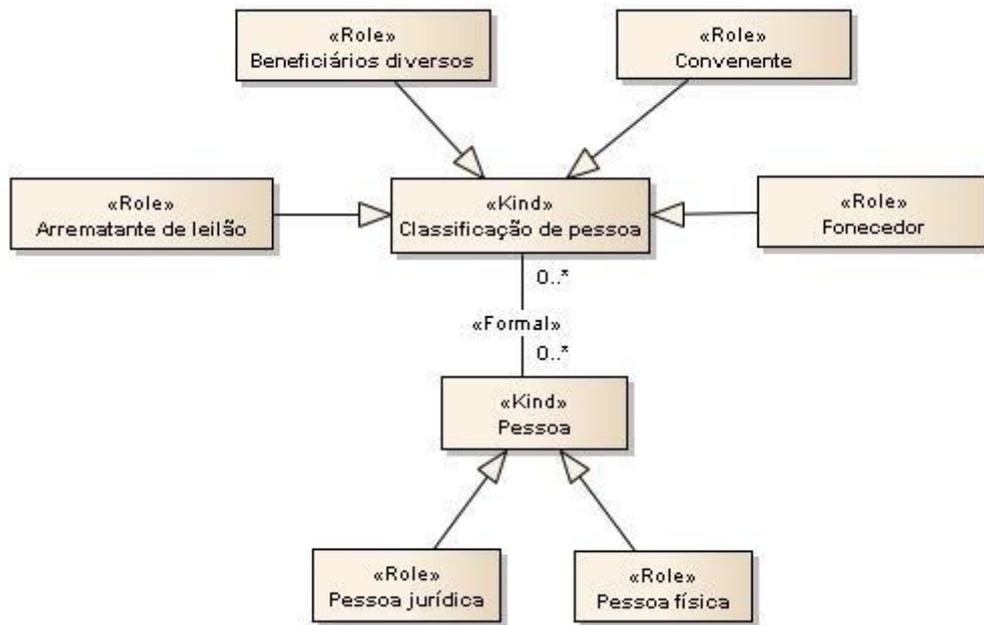


Figura 34 – Modelo Proposto – Pessoa.

5.2.5. Modelo: Estrutura organizacional e funcional

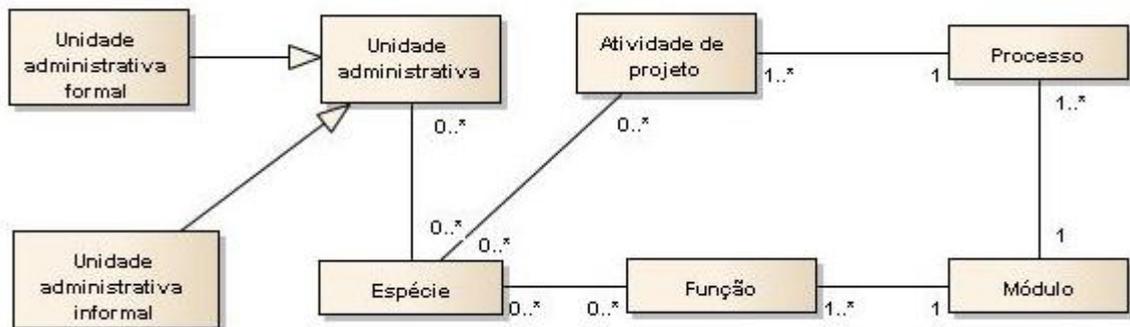


Figura 35 – Modelo UML – Estrutura organizacional e funcional.

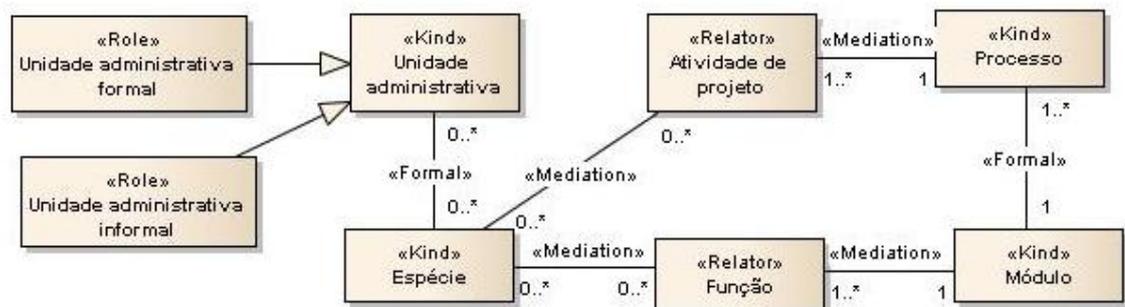


Figura 36 – Modelo OntoUML - Estrutura organizacional e funcional.

ERROR: The model is not valid syntactically. The following error(s) where found:

Atividade de projeto (<<relator>>) - The sum of the minimum cardinalities of the mediated ends must be greater or equal to 2

Função (<<relator>>) - The sum of the minimum cardinalities of the mediated ends must be greater or equal to 2

Unidade administrativa formal (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Unidade administrativa informal (<<role>>) - A Role must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Atividade de projeto->Espécie (<<mediation>>) - The source end minimum cardinality must be greater or equal to 1

Atividade de projeto->Espécie (<<mediation>>) - The mediated end minimum cardinality must be greater or equal to 1

Função->Espécie (<<mediation>>) - The source end minimum cardinality must be greater or equal to 1

Função->Espécie (<<mediation>>) - The mediated end minimum cardinality must be greater or equal to 1

Model verified in 65 ms, 8 error(s) found

Figura 37 – Teste OLED - Estrutura organizacional e funcional.

<i>Correção proposta</i>	<i>Descrição da correção</i>	<i>Lição aprendida</i>
As relações entre os conceitos Função, Módulo, Processo e Atividade de projeto foram reorganizadas.	De acordo com os requisitos e com os especialistas do negócio, uma Unidade administrativa possui várias Espécies, Funções e Processos. Por sua vez, cada Processo possui vários Módulos e Atividades de projeto. Neste caso, houve erro de entendimento conceitual do funcionamento do domínio.	Cada elemento candidato a ser representado no modelo deve ser conceituado semanticamente e classificado como um conceito ou uma relação. A alternativa de modelagem <i>bottom-up</i> também se aplica neste caso.

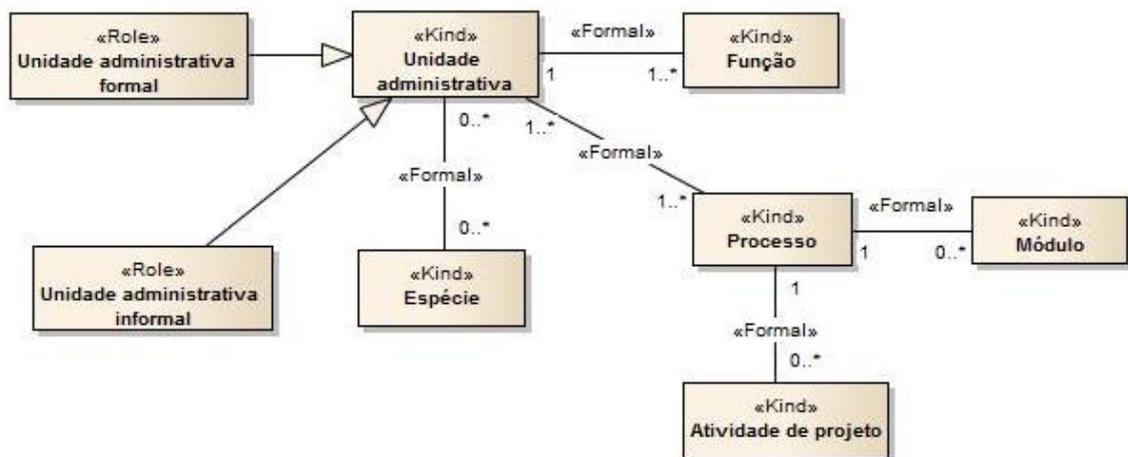


Figura 38 – Modelo Proposto - Estrutura organizacional e funcional.

5.2.6. Modelo: Lei de diretriz orçamentária – LOA

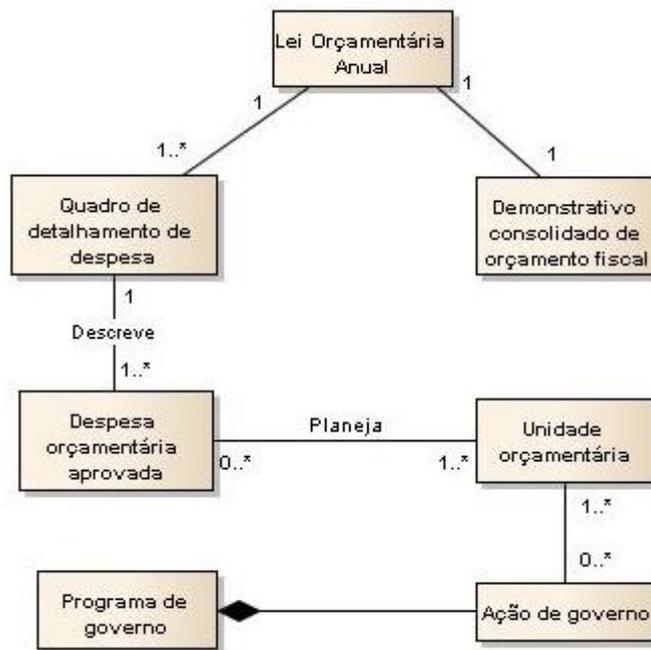


Figura 39 – Modelo UML – Lei de Diretriz Orçamentária (LOA).

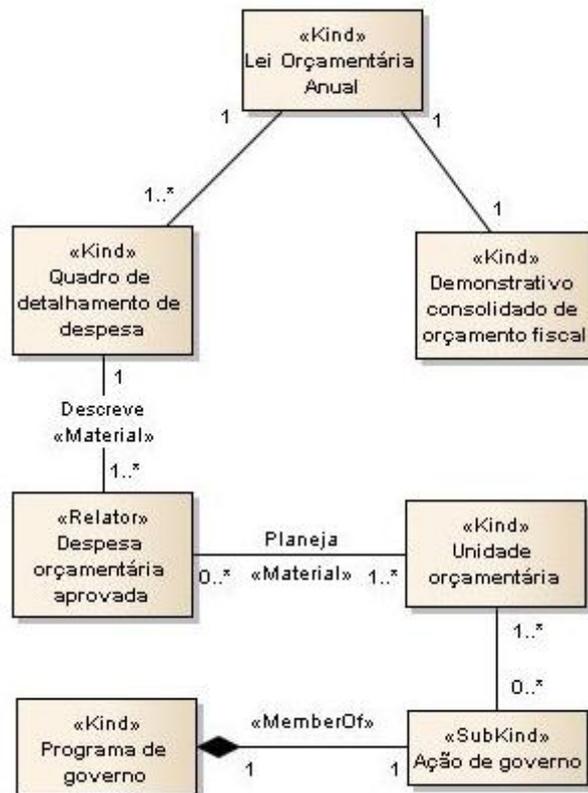


Figura 40 – Modelo OntoUML - Lei de Diretriz Orçamentária (LOA).

<p>ERROR: The model is not valid syntactically. The following error(s) where found:</p> <p>Ação de governo (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)</p> <p>Despesa orçamentária aprovada (<<relator>>) - A Relator must be connected (directly or indirectly) to a Mediation</p> <p>Despesa orçamentária aprovada (<<relator>>) - The sum of the minimum cardinalities of the mediated ends must be greater or equal to 2</p> <p>Programa de governo->Ação de governo (<<memberof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2</p> <p>Programa de governo->Ação de governo (<<memberof>>) - memberOf relates individuals that are functional complexes or collectives as parts of individuals that are colle (whole)</p> <p>Programa de governo->Ação de governo (<<memberof>>) - memberOf relates individuals that are functional complexes or collectives as parts of individuals that are colle (part)</p> <p>Descreve (<<material>>) - Every MaterialAssociation must be connected to exactly one Derivation</p> <p>Planeja (<<material>>) - Every MaterialAssociation must be connected to exactly one Derivation</p> <p>Planeja (<<material>>) - The minimum cardinality of every end must be greater or equal to 1</p> <p>Model verified in 66 ms, 9 error(s) found</p>

Figura 41 – Teste OLED - Lei de Diretriz Orçamentária (LOA).

<i>Correção proposta</i>	<i>Descrição da correção</i>	<i>Lição aprendida</i>
Alteração da relação entre Programa de governo e Ação de governo.	Analisando os elementos modelados no domínio, observa-se que o conceito Ação de governo não é necessariamente parte de um Programa de governo. Uma Ação pode existir de forma desvinculada de um programa.	De acordo com o subcritério ontológico SC1, detalhado na Tabela 1, subconjuntos de diferentes tipos de Indivíduos podem ser representados através da relação membroDe. Porém, esta classificação obriga o vínculo entre os conceitos. Como a relação entre um Programa e uma Ação pode não existir, não pode ser classificada como uma relação parte-todo. Lição: Uma lição observada a partir do critério ontológico é que a não obrigatoriedade da relação entre conceitos (multiplicidade diferente de 1 para 1) pode excluir a possibilidade de existência de uma relação parte-todo.

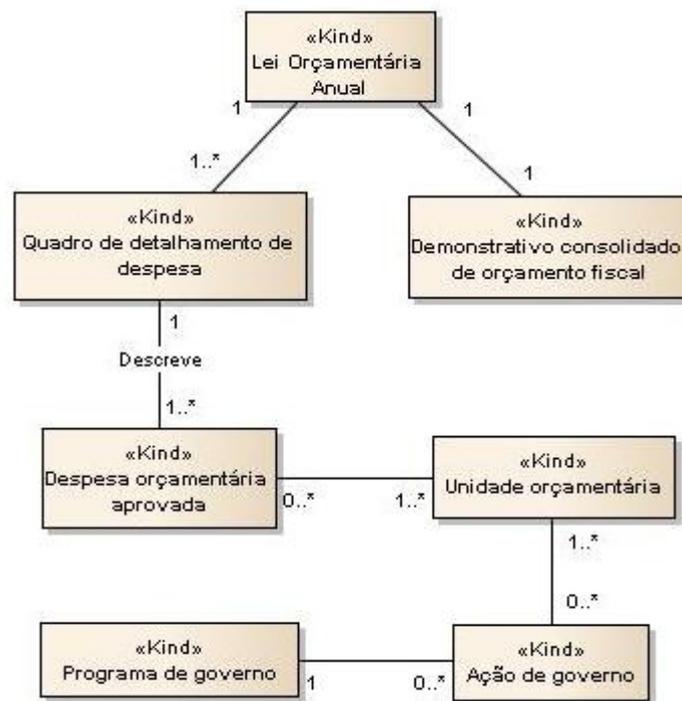


Figura 42 – Modelo Proposto - Lei de Diretriz Orçamentária (LOA).

5.2.7. Modelo: Plano plurianual de ações governamentais – PPAG

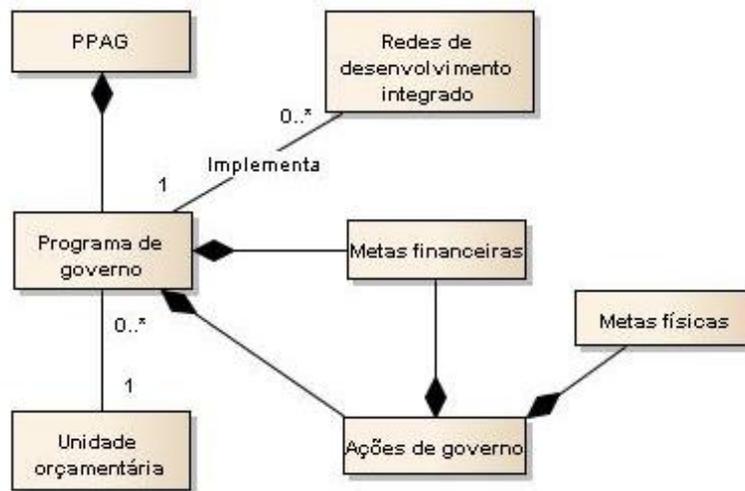


Figura 43 – Modelo UML – Plano Plurianual de Ações Governamentais (PPAG).

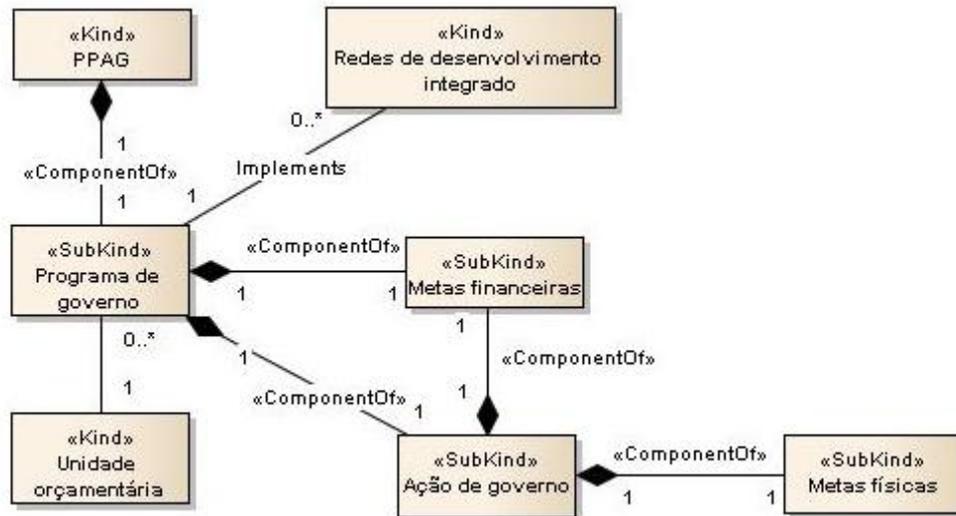


Figura 44 – Modelo OntoUML - Plano Plurianual de Ações Governamentais (PPAG).

ERROR: The model is not valid syntactically. The following error(s) where found:

Ação de governo (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Metas financeiras (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Metas físicas (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Programa de governo (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Ação de governo->Metas financeiras (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)

Ação de governo->Metas financeiras (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Ação de governo->Metas físicas (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)

Ação de governo->Metas físicas (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Programa de governo->Ação de governo (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)

Programa de governo->Ação de governo (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Programa de governo->Metas financeiras (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)

Programa de governo->Metas financeiras (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

PPAG->Programa de governo (<<componentof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

PPAG->Programa de governo (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Model verified in 58 ms, 14 error(s) found

Figura 45 – Teste OLED - Plano Plurianual de Ações Governamentais (PPAG).

<i>Correção proposta</i>	<i>Descrição da correção</i>	<i>Lição aprendida</i>
1) Alteração da relação entre Programa de governo e PPAG. 2) Exclusão da relação entre Programa de governo e Metas financeiras. 3) Alteração da relação entre Programa de governo e Ação de governo. 4) Alteração da relação entre Ação de governo e Metas financeiras. 5) Alteração da relação entre Ação de governo e Metas físicas.	1, 3 e 4) Se aplica a mesma correção proposta para o modelo 6, onde foi identificado que uma Ação de governo não é parte de um Programa de governo. O mesmo critério se aplica às correções 1, 3 e 4 aqui propostas. 2) De acordo com os requisitos e com os especialistas do negócio, Metas financeiras e Metas físicas podem ou não ser estabelecidas por Ações de governo, que podem ou não estar ligadas a um Programa de governo.	A mesma lição aprendida para o modelo Lei de diretriz orçamentária pode ser aplicada neste caso.

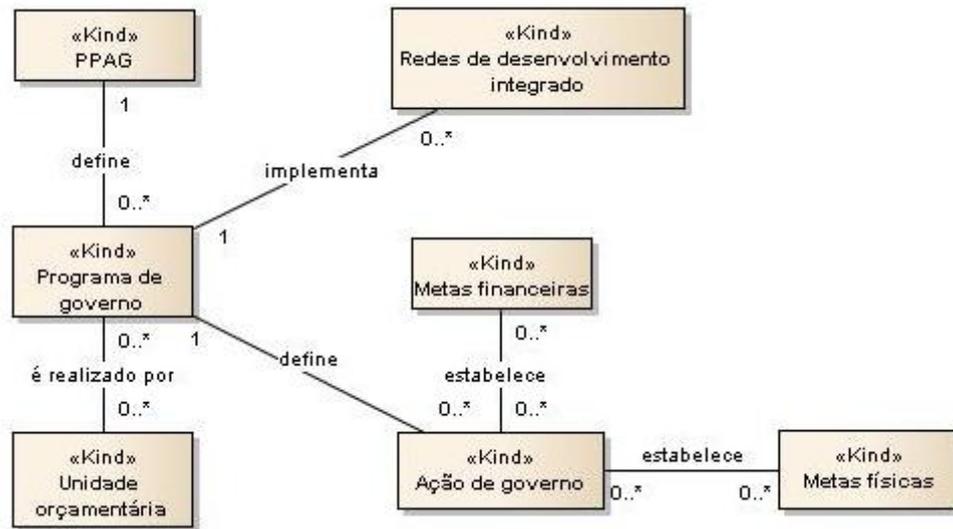


Figura 46 – Modelo Proposto - Plano Plurianual de Ações Governamentais (PPAG).

5.2.8. Modelo: Empenhamento da despesa

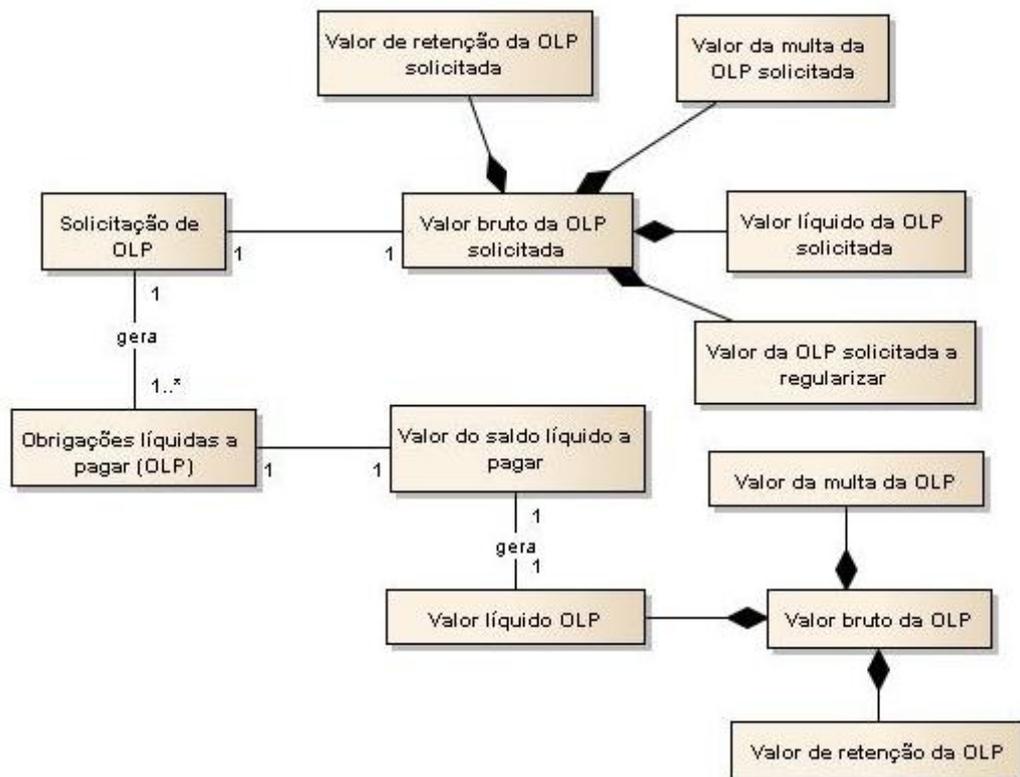


Figura 47 – Modelo UML – Empenhamento da despesa.

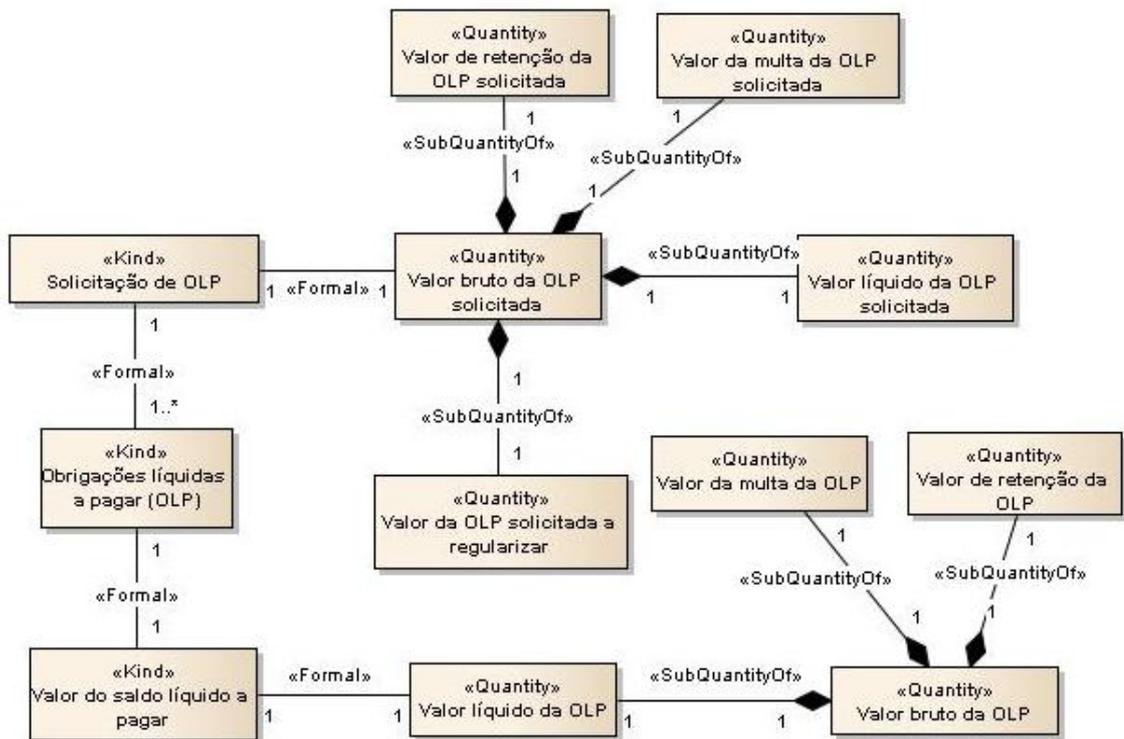


Figura 48 – Modelo OntoUML - Empenhamento da despesa.

ERROR: The model is not valid syntactically. The following error(s) where found:

Valor bruto da OLP->Valor da multa da OLP (<<subquantityof>>) - A part is always non-shareable

Valor bruto da OLP->Valor de retenção da OLP (<<subquantityof>>) - A part is always non-shareable

Valor bruto da OLP->Valor líquido da OLP (<<subquantityof>>) - A part is always non-shareable

Valor bruto da OLP solicitada->Valor líquido da OLP solicitada (<<subquantityof>>) - A part is always non-shareable

Valor bruto da OLP solicitada->Valor da multa da OLP solicitada (<<subquantityof>>) - A part is always non-shareable

Valor bruto da OLP solicitada->Valor de retenção da OLP solicitada (<<subquantityof>>) - A part is always non-shareable

Valor bruto da OLP solicitada->Valor da OLP solicitada a regularizar (<<subquantityof>>) - A part is always non-shareable

Model verified in 918 ms, 7 error(s) found

Figura 49 – Teste OLED - Empenhamento da despesa.

Correção proposta	Descrição da correção	Lição aprendida
1) Exclusão do conceito Valor do saldo líquido a pagar. 2) Inclusão do relacionamento entre Obrigações Líquidas a Pagar (OLP) e Valor bruto da OLP.	1) Foi observado que os conceitos Valor do saldo líquido a pagar e Valor líquido da OLP estavam representados de forma inconsistente, com o objetivo de representar a mesma informação. 2) Observou-se, ainda, que o conceito do qual são derivadas as demais sub-quantidades é o	Novamente, a conceituação de cada elemento identificado, através da abordagem <i>bottom-up</i> , pode apoiar a desambiguação do modelo.

	Valor bruto da OLP.	
--	---------------------	--

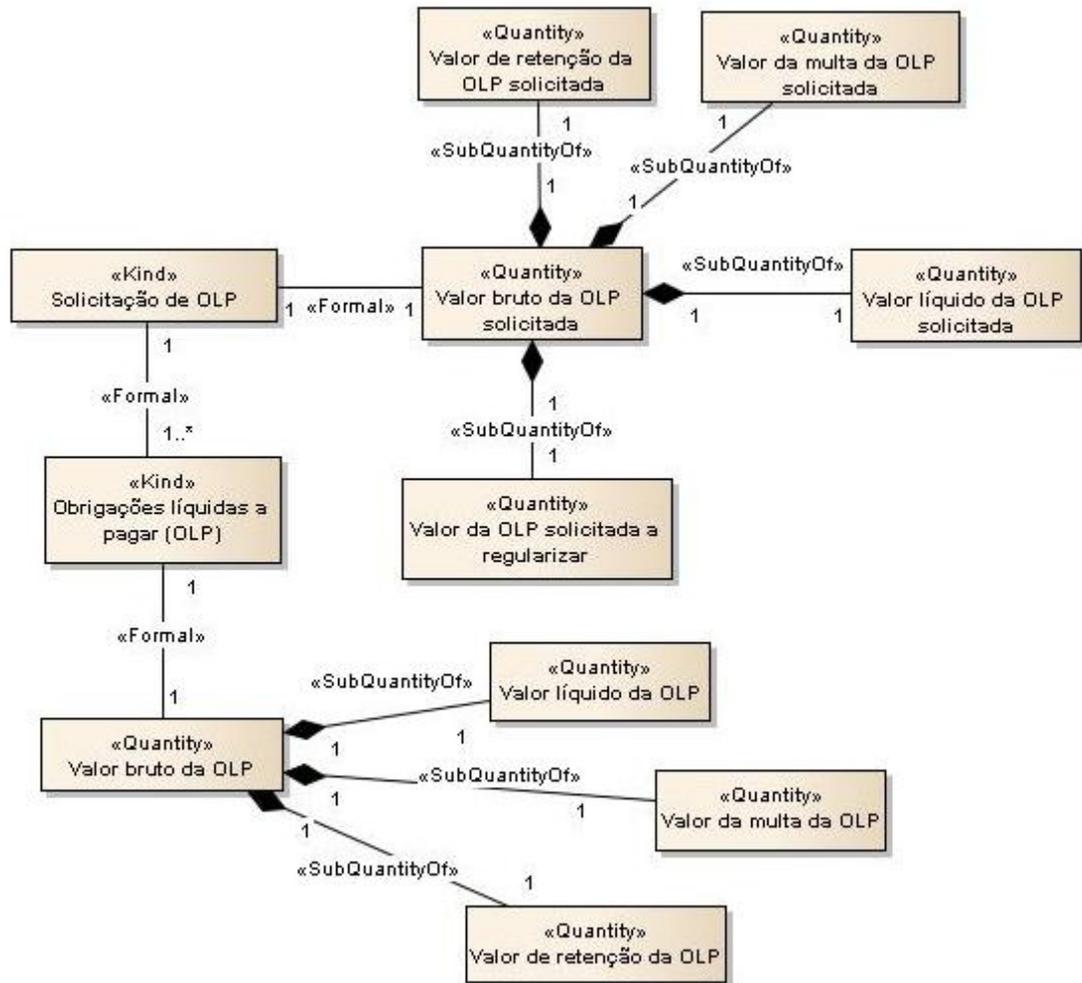


Figura 50 – Modelo Proposto - Empenhamento da despesa.

5.2.9. Modelo: Transmissão bancária

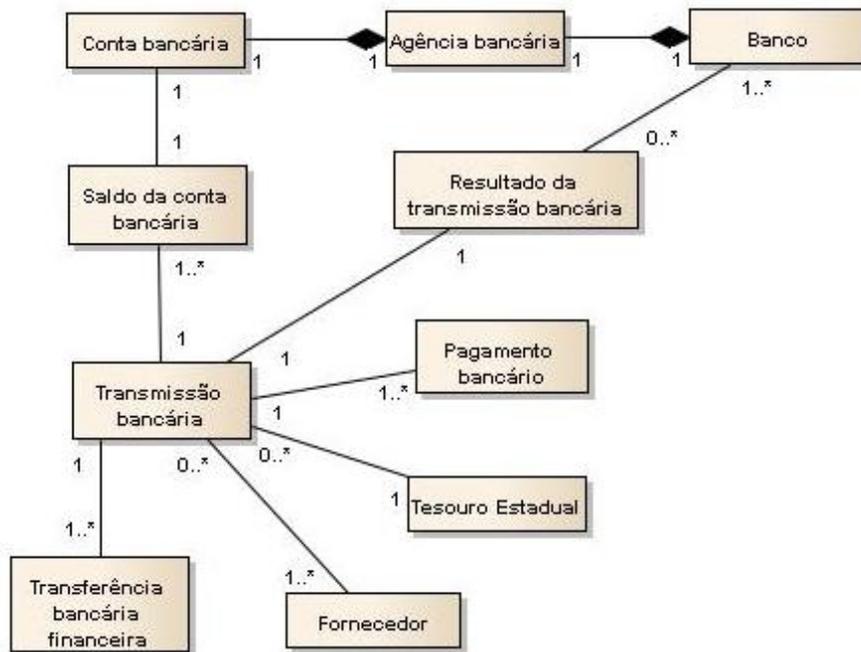


Figura 51 – Modelo UML – Transmissão bancária.

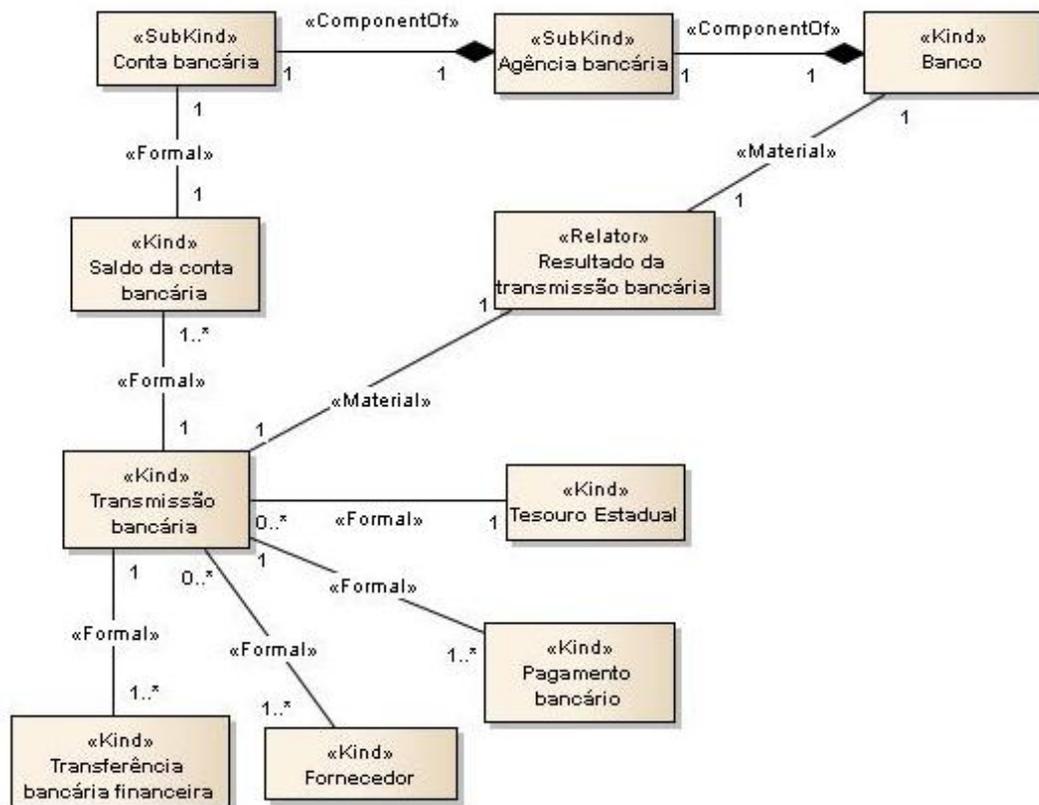


Figura 52 – Modelo OntoUML - Transmissão bancária.

ERROR: The model is not valid syntactically. The following error(s) where found:

Agência bancária (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Conta bancária (<<subkind>>) - Every non abstract Sortal must have a Substance Sortal ancestor (or be a Substance Sortal)

Resultado da transmissão bancária (<<relator>>) - A Relator must be connected (directly or indirectly) to a Mediation

Resultado da transmissão bancária (<<relator>>) - The sum of the minimum cardinalities of the mediated ends must be greater or equal to 2

Agência bancária->Conta bancária (<<componentof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

Agência bancária->Conta bancária (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)

Agência bancária->Conta bancária (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Banco->Agência bancária (<<componentof>>) - The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2

Banco->Agência bancária (<<componentof>>) - componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

Resultado da transmissão bancária->Banco (<<material>>) - Every MaterialAssociation must be connected to exactly one Derivation

Transmissão bancária->Resultado da transmissão bancária (<<material>>) - Every MaterialAssociation must be connected to exactly one Derivation

Model verified in 166 ms, 11 error(s) found

Figura 53 – Teste OLED – Transmissão bancária.

<i>Correção proposta</i>	<i>Descrição da correção</i>	<i>Lição aprendida</i>
Alteração das relações entre Banco, Agência bancária e Conta bancária.	Conforme observação já realizada anteriormente, para o modelo Evolução da Receita, Conta bancária, Agência bancária e Banco não representam os mesmos tipos de objetos no domínio. Os três conceitos possuem características distintas, a exemplo da multiplicidade dos seus relacionamentos.	A mesma lição observada para o modelo Evolução da Receita, sobre a distinção dos objetos do domínio, se aplica neste caso.

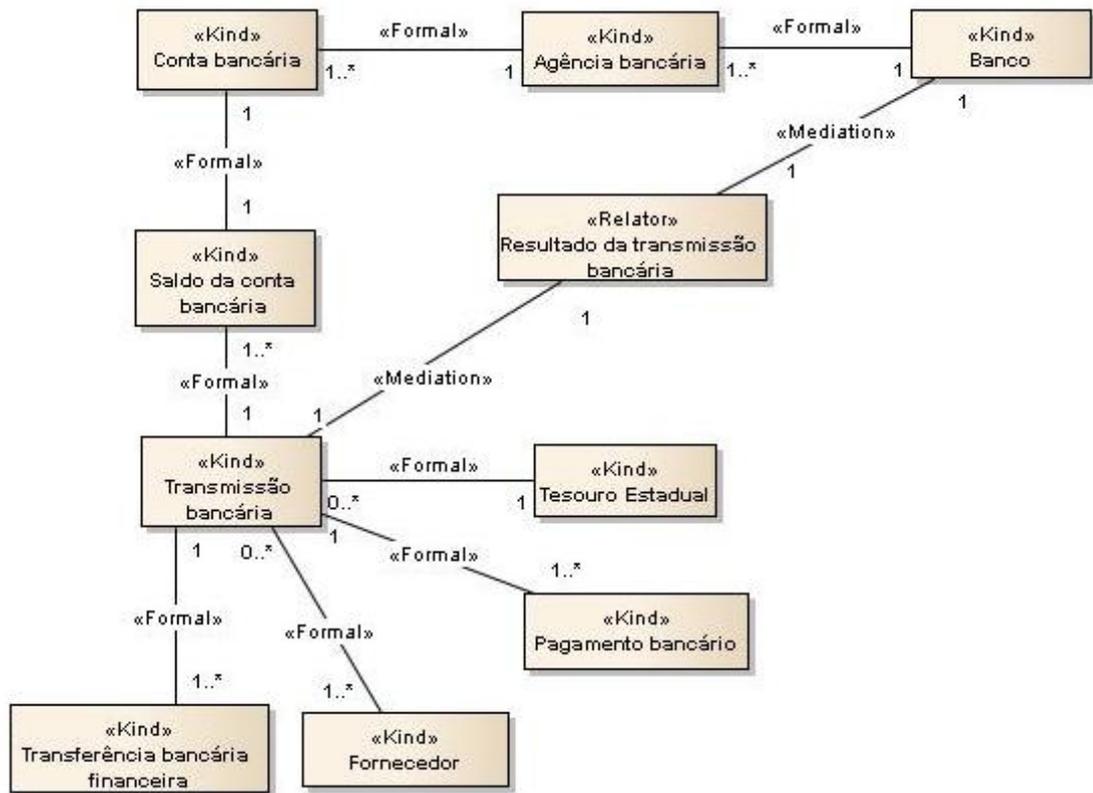


Figura 54 – Modelo Proposto - Transmissão bancária.

5.2.10. Modelo: Programação orçamentária

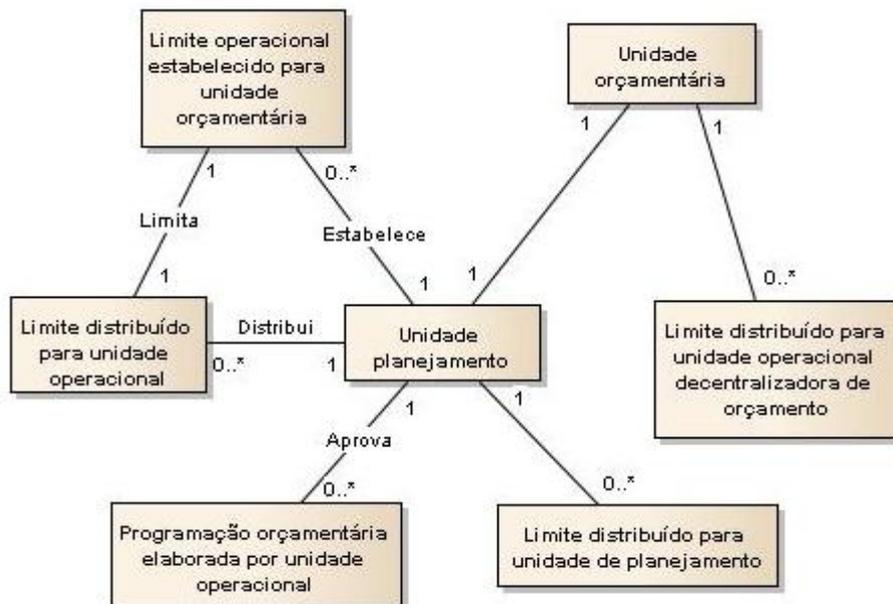


Figura 55 – Modelo UML – Programação orçamentária.

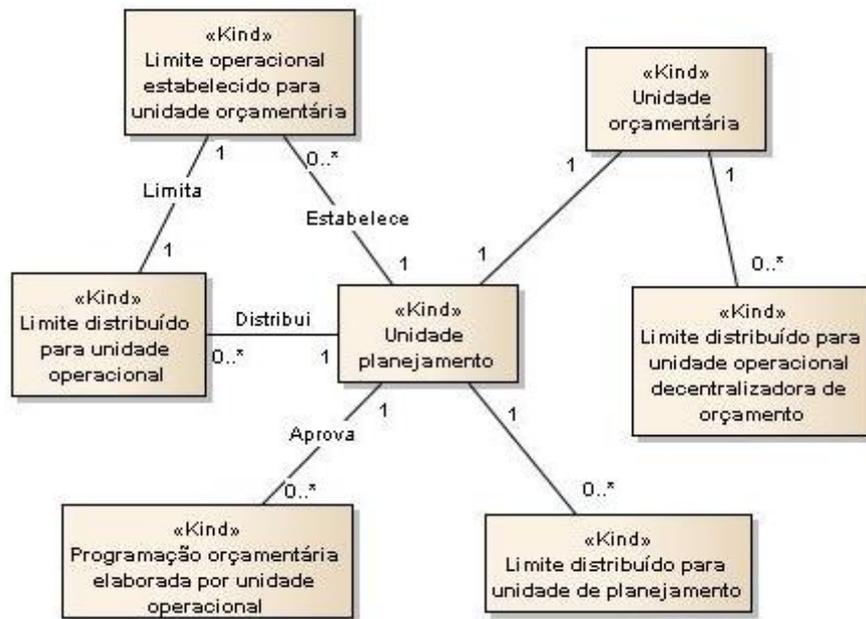


Figura 56 – Modelo OntoUML – Programação orçamentária.

Model verified in 37 ms, 0 error(s) found

Figura 57 – Teste OLED – Programação orçamentária.

De acordo com o teste no OLED e com a análise do domínio modelado, o modelo “Programação Orçamentária” está correto. Assim não se aplicam as correções e lições aprendidas.

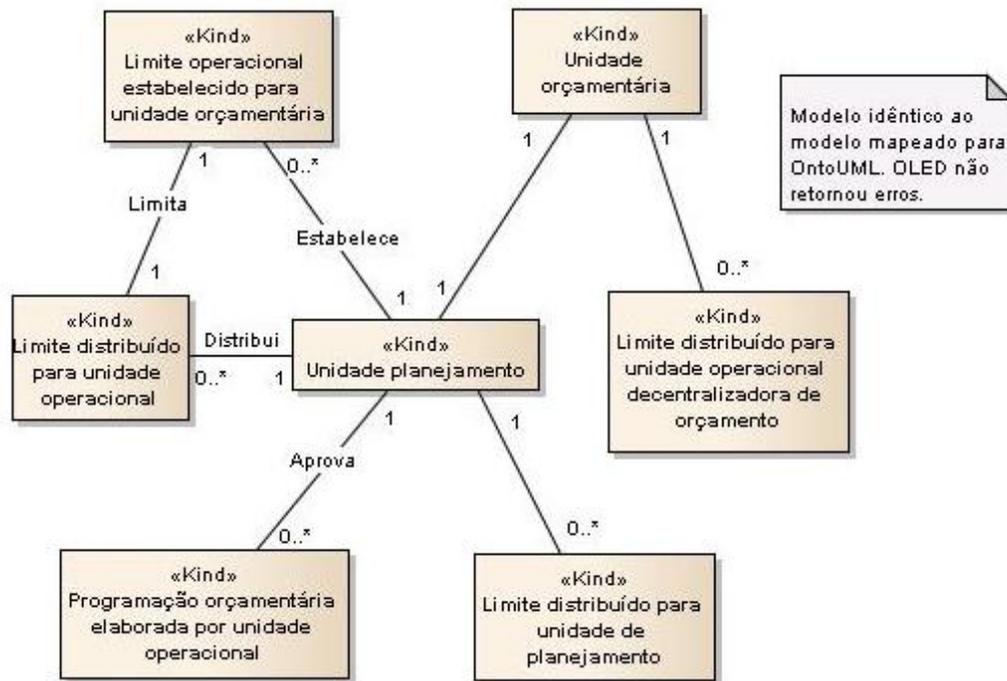


Figura 58 – Modelo Proposto – Programação orçamentária.

5.2.11. Critérios propostos

A partir das lições aprendidas com a correção de cada modelo, consolidam-se na Tabela 4 alguns exemplos de critérios pragmáticos propostos a partir dessas lições para auxiliar analistas na prática da modelagem conceitual.

<i>Critério pragmático</i>	<i>Descrição</i>
Distinção de objetos do domínio	Classificação dos conceitos do domínio, identificados como objetos, em termos da sua similaridade.
Modelagem <i>bottom-up</i>	A alternativa de modelagem <i>bottom-up</i> , partindo do nível mais baixo de modelagem (identificação, conceituação e classificação dos conceitos) para um nível mais alto (modelo completo) possibilita um modelo mais assertivo do ponto de vista da representação do escopo. Assim, cada conceito identificado através da análise de requisitos deve passar pelo processo de conceituação e classificação.
Multiplicidade dos relacionamentos	A verificação da multiplicidade da relação entre conceitos (1 para N, 1 para 1, N para N) pode ajudar na identificação de uma relação parte-todo. A existência de relação 1 para 1 pode indicar a este tipo de relação.

Tabela 4 – Exemplos de critérios pragmáticos de apoio à modelagem conceitual.

6. Considerações Finais

A seção um introduziu este trabalho, contextualizando as principais diretrizes para o seu entendimento. As seções dois e três estabeleceram a fundamentação teórica necessária para a realização da pesquisa, a partir da temática da modelagem conceitual, das ontologias e das suas interações. Fez-se necessário um estudo detalhado sobre relações semânticas, do ponto de vista da Ciência da Informação e da Ciência da Computação, pela interdisciplinaridade deste trabalho e também sobre qualidade de modelos conceituais, pelo foco da pesquisa em avaliação de modelos. Ainda na fundamentação teórica, foi necessário um “mergulho” na literatura sobre a UFO e OntoUML para que toda a metodologia proposta pudesse ser executada. A seção quatro descreveu a metodologia com o detalhamento das suas etapas e a seção cinco apresentou os resultados da sua execução. Finalmente, cabe aqui apresentar as considerações e reflexões finais sobre o trabalho realizado, bem como os possíveis trabalhos futuros.

Esta dissertação apresentou uma avaliação prática da aplicação de uma ontologia de fundamentação, a UFO, à modelagem conceitual de um sistema de informação, através da verificação de modelos conceituais UML, elaborados em um projeto de sistema para o Governo do Estado de Minas Gerais, quanto a sua aderência a padrões ontológicos. A verificação enfatizou a relação parte-todo, como exemplo de problemas que podem ocorrer em outros tipos de relações.

A discussão aqui proposta remete a um problema comumente observado no desenvolvimento de sistemas de informação, que é a falta de padronização das decisões durante a atividade de modelagem conceitual. Via de regra, cabe ao modelador ou ao seu grupo, de maneira *ad-hoc*, decidir quais informações serão representadas no modelo e através de quais elementos essa representação será realizada, sem nenhuma fundamentação ou padrão que os oriente.

É conhecido que modelar um domínio de um negócio não é tarefa trivial e exige um perfil e formação profissional específicos de quem exerce a atividade. Os modelos analisados estão corretos do ponto de vista do nível de representação pretendido, ou seja, são de fato modelos conceituais, livres de influência tecnológica. Os problemas encontrados estão mais relacionados à ausência de um trabalho semântico sobre os conceitos de negócio representados. Observa-se então que a aplicação de princípios ontológicos, através da

utilização de uma ontologia de fundamentação como referência, pode prover melhorias na prática proporcionando padronização e subsídios ao modelador.

Porém, neste trabalho, a etapa de mapeamento dos modelos UML para modelos OntoUML fez emergir a dificuldade do uso de critérios ontológicos na sua forma pura por pessoas sem familiaridade com o tema. Essa dificuldade é assumida pela própria pesquisadora, que possui formação acadêmica em Sistemas de Informação. Em geral, pessoas que atuam no desenvolvimento de sistemas estão fortemente familiarizadas com a UML, que aborda a representação da realidade de forma superficial, diferentemente das ontologias, que buscam suas raízes na filosofia e no estudo profundo da realidade para melhor representá-la. Os exemplos de critérios pragmáticos propostos representam uma forma mais adequada à realidade prática das empresas para a utilização da ontologia, e mais próxima da realidade de quem desenvolve sistemas. Acredita-se que iniciativas de inserção da ontologia no desenvolvimento de sistemas devem seguir uma linha de simplicidade e proximidade com o universo dos analistas de sistemas, para que seja de fato aplicável.

A partir do estudo da UFO e da execução da metodologia proposta é possível inferir que a ontologia possibilita, principalmente, a melhoria do entendimento semântico do negócio modelado. Conseqüentemente, fomenta também a melhoria da interoperabilidade entre sistemas, a diminuição de ambigüidades em modelos e a melhoria dos processos comunicacionais. Se aplicada à realidade de outros sistemas de informação, a proposta de modelagem baseada em critérios ontológicos pode comprovar tais melhorias. A literatura também apresenta uma longa lista de referências sobre esse tipo de aplicação.

Acredita-se que a metodologia proposta possa ser aplicada para modelos conceituais de outros sistemas de informação, de diferentes domínios (não somente no contexto governamental), tanto no nível de correção de modelos a partir de critérios ontológicos extraídos da UFO quanto para a utilização dos critérios pragmáticos propostos no início da elaboração de um modelo. A principal contribuição neste último caso é o aumento do foco no domínio do negócio e a melhoria semântica desde o início do ciclo de desenvolvimento do sistema, o que contribui para a qualidade dos modelos e demais artefatos gerados posteriormente, bem como para a qualidade do produto final, o sistema, conforme mencionado na seção 2.2 deste trabalho. Porém, uma dificuldade encontrada na etapa de teste dos modelos em OntoUML foi a falta de referências na literatura sobre o OLED. A ferramenta, apesar de possibilitar ótimas funcionalidades, encontra-se ainda em

fase experimental. Foi necessário recorrer ao grupo NEMO, equipe que desenvolve a ferramenta, para buscar informações e esclarecer dúvidas.

A proposta desta pesquisa pode ser vista como uma oportunidade para promover a aplicação prática de ontologias no âmbito da Ciência da Computação, a qual se percebe ainda pouco explorada e também como oportunidade de esclarecimento da abordagem de modelagem conceitual de sistemas de informação para os profissionais da Ciência da Informação. Buscou-se contribuir para a interdisciplinaridade de saberes e aproximação das áreas de Ciência da Informação e Ciência da Computação, a partir do estudo de um problema real de interesse acadêmico e gerencial na tecnologia da informação.

6.1.1. Trabalhos futuros

Por fim, podem ser pontuadas algumas oportunidades de trabalhos futuros, como:

- Uso dos critérios pragmáticos propostos em um contexto real de modelagem conceitual de sistema de informação e análise da sua aplicabilidade;
- Execução da metodologia sob o ponto de vista de outros tipos de relação, como a relação de generalização/especialização;
- Proposta de uma metodologia, ou seja, um passo a passo para a modelagem conceitual, baseado nos critérios propostos e em uma profunda investigação semântica do domínio de negócio.
- Proposta de um tutorial para uso de princípios ontológicos por equipes de modelagem de sistemas nas organizações.

7. Referências Bibliográficas

ABRIAL, J. R. Data semantics. In: J.W. Klimbie & K.L. Koffeman (Eds.). Proceedings of the IFIP Working Conference Data Base Management (pp. 1–60). Amsterdam: North-Holland, 1974.

ANSI/NISO Z39.19-2005. Guidelines for the construction, format, and management of monolingual controlled vocabularies. Bethesda: National Information Standards Organization Press, 2005.

ARTALE, A; FRANCONI, E; GUARINO, N; PAZZI, L. Part-whole relations in object-centered systems: an overview. Data and Knowledge Engineering, v. 20, p. 347-384, 1996.

BARBIER, Franck et al. Formalization of the whole-part relationship in the unified modeling language. Software Engineering, IEEE Transactions on, v. 29, n. 5, p. 459-470, 2003.

BENEVIDES, A. B.; GUIZZARDI, G. A model-based tool for conceptual modeling and domain ontology engineering in OntoUML. In FILIPE, J.; CORDEIRO, J. (Ed.). ICEIS. Heidelberg: Springer, 2009. (Lecture Notes in Business Information Processing, vol. 24), p. 528–538. ISBN 978-3-642-01346-1. Disponível em: <http://www.inf.ufes.br/~gguizzardi/ICEIS_2009.pdf> Acesso em: 10 fev. 2013.

BITTNER, T. Mereology 2. Disponível em: <http://ontology.buffalo.edu/smith/courses03/tb/Mereology2.pdf> Acesso em: 15 ago 2013.

BOLFARINE, H.; BUSSAB W. O. Elementos de Amostragem. ISBN: 9788521203674. São Paulo: Editora Blucher, 2005.

BOOCH, G. Object-oriented analysis and design with applications, 2nd ed. Redwood: Benjamin Cummings, 1993.

BORST, W. N. Construction of engineering ontologies; PhD Thesis (1997). Disponível em: <<http://www.ub.utwente.nl/webdocs/inf/1/tooooo04.pdf>>. Acesso em: 26 Jan 2013.

CAFÉ, L.; BRASCHER, M. Organização do Conhecimento: Teorias Semânticas como base para estudo e representação de conceitos. Inf. Inf., Londrina, v. 16 . n. 3. p. 25-51, jan./jun. 2011.

CAMPOS, J. A. G. Análise conceitual sobre as relações semânticas em Ciência da Informação: contribuições para o desenvolvimento de ontologias. *Perspectivas em Ciência da Informação* [online]. vol. 14, n.3, pp. 243-243. ISSN 1413-9936, 2009.

CAMPOS, M. L. A. A organização de unidades do conhecimento em hiperdocumentos: o modelo conceitual como um espaço comunicacional para a realização da auditoria. 2001. 198 p. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Departamento de Ensino e Pesquisa do IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CAPURRO, R. What is information science for? A philosophical reflection. In: Vakkari, Perti, Cronin, Blaise. *Conceptions of library and information science*. Tempere, Taylor Graham, p. 82-93, 1991.

CASATI, R.; VARZI, A. *Parts and Places: the structures of spatial representation*. Noston: MIT Press. 1999.

CHEN, P. The entity-relationship model: towards a unified view of data. *ACM Transactions on Database Systems*, 1(1), 9–36, 1976.

COUGO, P. S. *Modelagem Conceitual e Projeto de Bancos de Dados*. Campus, 1997.

DALBERG, I. Teoria do conceito. *Ciência da informação*. Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 101-107, jul./dez. 1978b.

EVERMANN, J. Thinking Ontologically: Conceptual vs. Design Models in UML. *Business Systems Analysis with Ontologies*. Idea Group, p. 82-104, 2005.

FARRADANE, J. E. L. Relational Indexing: part I. *Journal of information science*, n.1, p. 267-276, 1980a.

FRIGG, R. Models in Science. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/entries/models-science/>>. Acesso em: 26 Jan 2012.

FONSECA, F. The double role of ontologies in information science research. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 58, n. 6, p. 786-793, 2007.

GIL, A.C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GRENON P., SMITH B., GOLDBERG L. Biodynamic ontology: Applying BFO in the Biomedical Domain, in Pisanelli DM (ed). Ontologies in Medicine. Proceedings of the Workshop on Medical Ontologies, Rome. October 2003. IOS Press, Studies in Health Technology and Informatics, vol 102, p. 20-38, 2004.

GRUBER, T. What is an ontology? (1993). Disponível em: <<http://www.wksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>. Acesso em: 26 Jan 2012.

GUARINO, N. Formal ontology and information systems. (1998). Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/guarino98formal.html>>. Acesso em: 15 Dez 2011.

GUIZZARDI, G. Ontological Foundations for Structural Conceptual Models. Universal Press, The Netherlands, 2005.

GUIZZARDI, G.; What's in a Relationship: An Ontological Analysis, Proceedings of the 25th Int. l Conf. on Conceptual Modeling (ER 2008), Barcelona, Espanha, LNCS 5231, pp. 83–97, 2008.

GUIZZARDI, G., FALBO, R.A., GUIZZARDI, R.S.S. A importância de Ontologias de Fundamentação para a Engenharia de Ontologias de Domínio: o caso do domínio de Processos de Software. Revista IEEE América Latina, v.6, p. 244-251, 2008b.

GUIZZARDI, G., PAULO, J., ALMEIDA, A., GUIZZARDI, R. S. S., FALBO, R. Ontologias de Fundamentação e Modelagem Conceitual. In: II Seminário de Pesquisa em Ontologias no Brasil, Rio de Janeiro, 2009.

GUIZZARDI, G; WAGNER, G. A Unified Foundational Ontology and Some Applications of it in Business Modeling. In: Proceedings of the Enterprise Modelling and Ontologies for Interoperability workshop, 2004.

GUIZZARDI, G.; WAGNER, G.; GUARINO, N.; VAN SINDEREN, M. An Ontologically Well-Founded Profile for UML Conceptual Models, 16th Intl. Conf. on Advances in Information Systems Engineering (CAiSE), Latvia, 2004.

HERRE, H.; HELLER, B.; BUREK, P.; HOEHNDORF, R.; LOEBE, F.; MICHALEK, H.. General Formal Ontology (GFO): A Foundational Ontology Integrating Objects and Processes. Part I: Basic Principles. Research Group Ontologies in Medicine (Onto-Med), University of Leipzig, 2006.

HJØRLAND, B. Fundamentals of Knowledge Organization. Knowledge Organization. v.30, n.2. 2003.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO 704: Terminology work: Principles and methods principles and methods of terminology. Geneva: ISO, 2000.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO/IEC Standard 9126: Software Product Quality. International Standards Organisation (ISO). International Electrotechnical Commission (IEC), 2001.

JACOBSON, I., CHRISTERSON, M., JONSSON, P., & OVERGAARD, G. Object-oriented software engineering: A use case driven approach. Boston: Addison-Wesley, 1992.

JARDINE, D. A. The ANSI/SPARC DBMS model. Proceedings of the second SHAREWorking Conference on Database Management Systems. Amsterdam: North Holland, 1976.

KHOO, C. S. G.; NA, Jin-Cheon. Semantic relations in Information Science. Annual Review of Information Science and Technology, v. 40, p. 157-228, 2006.

KRUCHTEN, P. The Rational Unified Process: An Introduction, Second Edition. Addison-Wesley, Boston, 2001.

MASOLO, C.; BORGIO, S.; GANGEMI, A.; GUARINO, N.; OLTRAMARI, A.; SCHNEIDER, L. (2003) WonderWeb Library of Foundational Ontologies – Preliminary Report. Disponível em: <<http://wonderweb.semanticweb.org/deliverables/documents/D17.pdf>>. Acesso em: 26 jan 2012.

MENDONÇA, F.M.; ALMEIDA, M.B. Modelos e teorias para a representação: uma teoria ontológica sobre o sangue humano. Anais do XIII Enancib. Rio de Janeiro, 2012.

MOODY, D. L. Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions. Data & Knowledge Engineering, 55(3), 243–276, 2005.

MOTTA, D. Método relacional como nova abordagem para a construção de tesauros. Dissertação (Mestrado em ciência da informação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1987.

NEMO. Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias. Disponível em: <<http://nemo.inf.ufes.br>>. Acesso em: 10 fev 2013.

OLED. OntoUML Lightweight Editor. Disponível em: <<https://code.google.com/p/ontouml-lightweight-editor/>>. Acesso em: 10 fev 2013.

OLIVEIRA, V.N.P. Uma investigação sobre a avaliação de modelagem conceitual baseada em ontologias: estudo de caso de modelos para sistemas de informação desenvolvidos na Universidade Federal de Minas Gerais. 2009. 177 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

OMG - Object Management Group. Unified Modeling Language (UML), Infrastructure, V2.1.2. Disponível em: <<http://www.omg.org/docs/formal/07-11-04.pdf>>. Acesso em: 26 jan 2012.

PADUA, W. D. Engenharia de software. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

PRIBBENOW, S. Meronymic Relationships: from Classical Mereology to Complex Part-Whole Relations. In: The semantic of the relationships: an interdisciplinary perspective, ed. R. Green, C.A. Bean & S.H.Myaeng, 35-50. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

PRESSMAN, R. S. Engenharia de software. McGraw Hill Brasil, 2011.

PRODEMGE. Guia de modelagem de conceitos, classes e dados, 2013.

RUMBAUGH, J., BLAHA, M., PREMERLANI, W., EDDY, F., & LORENSEN, W. Object-oriented modeling and design. New York: Prentice Hall, 1991.

SÁNCHEZ, D. M.; CAVERO, J. M., MARCOS, E. On models and ontologies. (2005). Disponível em: <<http://kybele.escet.urjc.es/PHISE05/papers/sesionIV/SanchezCaveroMarcos.pdf>>. Acesso em: 10 Dez 2011.

SHANKS, G., TANSLEY, E., WEBER, R. Using ontology to validate conceptual models. Communications of the ACM, 46(10), 85. doi:10.1145/944217.944244, 2003.

SMITH, B., WELTY C. A. Ontology: Towards a new synthesis. Formal Ontology in Information Systems, ACM Press, 2001.

SPARX SYSTEMS. Enterprise Architect. Disponível em: <http://www.sparxsystems.com.au/products/ea/index.html>. Acesso em 22 ago 2013.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 6a. edição, Addison-Wesley/Pearson, 2003.

SOWA, J. F. Ontology. (2000). Disponível em: <<http://www.jfsowa.com/ontology/>>. Acesso em: 26 jan 2012.

WAND, Y; STOREY, V. C.; WEBER, R. An ontological analysis of the relationship construct in conceptual modeling. ACM Transactions on Database Systems (TODS), v. 24, n. 4, p. 494-528, 1999.

Wand, Y.; Weber, R. Mario Bunge's ontology as a formal foundation for information systems concepts. In: Studies on Mario Bunge's Treatise. p. 123-150. Amsterdam: Radopi, 1990.

WIERINGA, R., MORALI, A. Technical Action Research as a Validation Method in Information Systems Design Science. In: Peffers, K., Rothenberger, M., Kuechler, B. (eds.) DESRIST 2012. LNCS, vol. 7286, pp. 220–238. Springer, Heidelberg, 2012.

YOUNG JR, John W.; KENT, Henry K. An abstract formulation of data processing problems. In: Preprints of papers presented at the 13th national meeting of the Association for Computing Machinery. p. 1-4. ACM, 1958.

8. APÊNDICE A – Resultados dos testes no OLED consolidados

A Tabela 5, a seguir, apresenta uma consolidação dos erros apontados pelo OLED a partir do teste de cada modelo.

ID	Modelo	Possui relação parte-todo?	Possui erros?	Quantidade de erros	Tipos de erros
1	Empenhamento da despesa	Sim	Sim	7	A part is always non-shareable
2	Evolução da receita	Não	Não	Não se aplica	Não se aplica
3	Ordem de pagamento escritural	Sim	Sim	9	Every non abstract Sortal must have a Substance ancestor (or be a Substance Sortal)
					A Role must be connected (directly or indirectly) to a Meditation
					The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2
					componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)
					componentOf relates individuals that are functional complexes (part)
4	Transmissão bancária	Sim	Sim	11	Every non abstract Sortal must have a Substance ancestor (or be a Substance Sortal)
					A Relator must be connected (directly or indirectly) to a Meditation
					The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2
					The sum of the minimum cardinalities of the mediated ends must be greater or equal to 2

					componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)
					componentOf relates individuals that are functional complexes (part)
					Every MaterialAssociation must be connected to exactly one Derivation
5	Administração pública estadual	Sim	Sim	4	The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2
					componentOf relates individuals that are functional complexes (part)
6	Estrutura organizacional e funcional	Não	Sim	8	The sum of the minimum cardinalities of the mediated ends must be greater or equal to 2
					A Role must be connected (directly or indirectly) to a Meditation
					The source end minimum cardinality must be greater or equal to 1
					The mediated end minimum cardinality must be greater or equal to 1
7	Pessoa	Sim	Sim	13	Every non abstract Sortal must have a Substance ancestor (or be a Substance Sortal)
					A Role must be connected (directly or indirectly) to a Meditation
					The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2
					componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)
					componentOf relates individuals that are functional complexes (part)

8	Lei Orçamentária Anual - LOA	Sim	Sim	9	Every non abstract Sortal must have a Substance ancestor (or be a Substance Sortal)
					A Relator must be connected (directly or indirectly) to a Meditation
					The sum of the minimum cardinalities of the mediated ends must be greater or equal to 2
					The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2
					memberOf relates individuals that are functional complexes or collectives as parts of individuals that are collectives (whole)
					memberOf relates individuals that are functional complexes or collectives as parts of individuals that are collectives (part)
					Every MaterialAssociation must be connected to exactly one Derivation
					The minimum cardinality of every end must be greater or equal to 1
9	Plano Plurianual de Ações Governamentais - PPAG	Sim	Sim	14	Every non abstract Sortal must have a Substance ancestor (or be a Substance Sortal)
					componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)
					componentOf relates individuals that are functional complexes (part)
10	Programação orçamentária	Não	Não	Não se aplica	Não se aplica

Tabela 5 – Resultados dos testes consolidados por modelo

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 6 apresenta os resultados dos testes consolidados por tipo de erro encontrado, com a sua recorrência (quantas vezes o erro apareceu) e a indicação se o erro é específico de relação parte-todo.

Tipos de erros encontrados	Recorrência	Erro específico de relação parte-todo?
A part is always nonshareable	1	Sim
A Relator must be connected (directly or indirectly) to a Meditation	2	Não
A Role must be connected (directly or indirectly) to a Meditation	3	Não
componentOf relates individuals that are functional complexes (part)	5	Sim
componentOf relates individuals that are functional complexes (whole)	4	Sim
Every MaterialAssociation must be connected to exactly one Derivation	2	Não
Every non abstract Sortal must have a Substance ancestor (or be a Substance Sortal)	5	Não

memberOf relates individuals that are functional complexes or collectives as parts of individuals that are collectives (whole)	1	Sim
memberOf relates individuals that are functional complexes or collectives as parts of individuals that are collectives (part)	1	Sim
The mediated end minimum cardinality must be greater or equal to 1	1	Não
The minimum cardinality of every end must be greater or equal to 1	1	Não
The source end minimum cardinality must be greater or equal to 1	1	Não
The sum of the minimum cardinalities of the mediated ends must be greater or equal to 2	3	Não
The sum of the minimum cardinalities of the parts must be greater or equal to 2	5	Não

Tabela 6 – Resultados dos testes consolidados por tipo de erro

Fonte: Elaborado pela autora.