

# Ontologias de Fundamentação, Modelagem Conceitual e Interoperabilidade Semântica

Giancarlo Guizzardi, João Paulo Almeida, Renata S.S. Guizzardi,  
Monalessa Perini Barcellos, Ricardo Falbo  
Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias (NEMO),  
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória (ES), Brasil  
{gguizzardi, jpalmeida, rguizzardi, monalessa, falbo}@inf.ufes.br  
<http://nemo.inf.ufes.br/>

**Abstract.** O objetivo deste artigo é apresentar o grupo *NEMO (Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias)*, descrevendo sucintamente o seu programa de pesquisa, seus tópicos atuais de investigação, e um breve histórico do grupo e de seus membros permanentes. O artigo foi produzido como documento complementar a apresentação realizada no *Ibero-American Meeting on Ontological Research*, realizado em Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil, em Maio de 2011. Esse evento foi realizado no contexto do *IV Ibero-American Congresso on Telematics (CITA 2011)* e organizado como parte do programa de difusão internacional de pesquisas e educação em ontologias da *International Association on Ontologies and Applications (IAOA)*, através do seu *International Outreach Subcommittee*.

**Palavras-chave:** Ontologias de Fundamentação, Modelagem Conceitual Baseada em Ontologias, Interoperabilidade Semântica, Ontologias em Computação Organizacional, Ontologias em Engenharia de Software.

## 1 Posição de Pesquisa (*Research Statement*)

Apesar da crescente popularidade do tópico de ontologias em Ciência da Computação, um importante ponto a ser salientado é a diferença do significado do termo “ontologia” quando utilizado, por um lado, pela comunidade de Modelagem Conceitual e, por outro, pelas comunidades de Inteligência Artificial, Engenharia de Software e Web Semântica. Em modelagem conceitual e áreas afins (ex. Modelagem organizacional), o termo é usado de acordo com sua definição original em filosofia, a saber, como uma referência a um sistema formal e filosoficamente bem-fundamentado de categorias que pode ser usado para articular conceituações e modelos em domínios específicos do conhecimento. Em contraste, nas outras áreas supracitadas, o termo ontologia tem sido usado como: (i) artefato concreto de engenharia, projetado com um propósito específico e sem prestar nenhuma ou quase nenhuma atenção a aspectos teóricos de fundamentação; (ii) modelo de um domínio específico do conhecimento (ex., biologia molecular, finanças, logística, doenças

infecciosas) expresso em uma linguagem de representação do conhecimento (ex., RDF, OWL, F-Logic) ou modelagem conceitual (ex., UML, EER, ORM).

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 conceituação; (ii) Ontologias de Fundamentação descrevem as categorias que são usadas para a construção dessas conceituações. Podemos, portanto, concluir que uma linguagem adequada de modelagem conceitual deveria possuir primitivas de modelagem que refletissem as categorias conceituais definidas em uma Ontologia de Fundamentação.

Uma ontologia de domínio, no sentido usado pelas demais comunidades em computação, é um tipo particular de modelo conceitual. Em particular, é um modelo conceitual que deve satisfazer o requisito adicional de servir como uma representação de consenso (ou modelo de referência) de uma conceituação compartilhada por uma determinada comunidade. Portanto, se uma ontologia de domínio é, antes de qualquer coisa, um modelo conceitual, uma linguagem adequada para representação de ontologias de domínio deve satisfazer os requisitos gerais de uma linguagem adequada para modelagem conceitual, ou seja, deve ter como teoria subjacente uma ontologia de fundamentação. Em outras palavras, ontologias (no sentido adotado em filosofia e em modelagem conceitual) representam ferramentas conceituais de importância fundamental para a criação de ontologias de domínio de qualidade (no sentido adotado nas demais áreas).

O grupo *NEMO* (*Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias*), através de seu trabalho de pesquisa, defende explicitamente a necessidade de uma abordagem multidisciplinar para a construção de teorias de fundamentação para modelagem conceitual, trabalhando com contribuições oriundas de disciplinas como Ontologia Formal em Filosofia, Ciência Cognitiva, Lógica Filosófica e Linguística. Por outro lado, o trabalho do grupo também defende explicitamente a necessidade dessas teorias de Fundamentação para construção de ferramentas de engenharia (ex. linguagens de modelagem, ferramentas computacionais, padrões de projeto) para dar suporte a uma disciplina de Engenharia de Ontologias de Domínio de qualidade [1-3].

## **2 Principais Tópicos de Pesquisa**

### **2.1 A Ontologia de Fundamentação UFO (Unified Foundational Ontology)**

Uma das principais linhas de trabalho desenvolvidas no grupo diz respeito ao desenvolvimento de Ontologias de Fundamentação para dar suporte à modelagem

conceitual, de maneira geral, e à modelagem organizacional, em particular. A principal contribuição do grupo nesta área é o desenvolvimento de teorias que compõem a ontologia de fundamentação denominada *UFO (Unified Foundational Ontology)*. UFO, inicialmente proposta em [4], tem sido desenvolvida ao longo dos últimos sete anos [5], reunindo teorias axiomáticas que versam sobre as principais categorias de conceitos usados em modelagem conceitual. UFO é dividida em três fragmentos denominados *UFO-A (Ontology of Endurants)*, *UFO-B (Ontology of Perdurants)* e *UFO-C (Ontology of Social and Intentional Entities)*.

UFO-A define o núcleo dessa ontologia, sistematizando conceitos como, por exemplo, tipos e estruturas taxonômicas [6], relações todo-parte [7-11], propriedades intrínsecas e espaços de valores de atributos [12], papéis [13,14], propriedades relacionais [15], entre outros. Esse fragmento constitui uma teoria estável, formalmente caracterizada com o aparato de uma lógica modal de alta expressividade e possuindo forte suporte empírico promovido por experimentos em psicologia cognitiva [16].

No que tange a este tópico de pesquisa, o grupo atualmente tem se dedicado à evolução do trabalho de construção das ontologias UFO-B e C [17,18]. A primeira visa sistematizar conceitos como estados, processos, eventos, relações temporais, entre outros. A última, construída sobre os fragmentos anteriores, visa sistematizar conceitos que incluem Agente, Ação, Estados Intencionais, Delegação, Compromissos e Reinvidicações Sociais, entre outros.

## **2.2 A Linguagem de Modelagem Conceitual OntoUML**

Na abordagem de pesquisa discutida anteriormente, é defendido o uso de linguagens de modelagem de ontologias conceituais baseada em ontologias de fundamentação. Seguindo essa abordagem, em [16] foi proposta uma linguagem de modelagem conceitual que contempla como primitivas de modelagem as distinções ontológicas proposta pela ontologia UFO-A. Essa linguagem (atualmente chamada de OntoUML) foi construída seguindo um processo no qual: (i) o metamodelo da linguagem original (no caso, a UML 2.0) é reparado para garantir um isomorfismo em seu mapeamento para a estrutura definida pela ontologia de referência (no caso, UFO-A); (ii) em segundo lugar, 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 gramaticamente válidos aqueles modelos que satisfazem (do ponto de vista lógico) a axiomatização de UFO, ou seja, aqueles modelos que são considerados válidos segundo essa teoria. Essa linguagem 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 e modelagem de relações de constituição [6], separação de qualidades dos espaços de valores de atributos [12], modelagem de quantidades [10], resolução do problema de transitividade da relação todo-parte [8] e resolução do problema de colapso de restrições de cardinalidade [15]. Além disso, em [16] é

proposto um conjunto de diretivas metodológicas para a criação de ontologias usando a linguagem OntoUML.

No que tange a este tópico de pesquisa, o grupo 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<sup>1</sup> OntoUML com suporte à validação da correção ontológica dos modelos de domínio, através de um mecanismo de checagem automática de restrições [19], além de um suporte a simulação de instâncias desses modelos, por meio de um mapeamento automático de modelos OntoUML para a linguagem Alloy [20,21]. O grupo também vem estudando padrões de transformação para classes de linguagens de codificação (e.g., OWL/SWRL) que buscam maximizar a preservação de algumas propriedades modais de modelos em OntoUML [22].

Por fim, o grupo tem investigado diversas estratégias para dar suporte metodológico e computacional para usuários novatos na construção de modelos conceituais bem-fundamentados em OntoUML. Essas estratégias incluem o uso de abordagens baseadas em tecnologias da linguagem humana [23, 24], além do uso de abordagens indutivas de construção de modelos ressaltando aspectos de OntoUML como uma linguagem baseada em padrões ontológicos de modelagem (ontological pattern language) [25].

### **2.3 Análise Ontológica de Modelos de Referência e Linguagens de Modelagem Organizacional**

Da mesma forma que UFO-A foi utilizada para avaliação e re-engenharia de UML, culminando na proposta de OntoUML, as ontologias UFO-B e UFO-C tem sido empregadas para abordar linguagens e padrões de referência de modelagem organizacional. Resultados obtidos até o presente momento nessa linha de trabalho incluem a integração das linguagens de modelagem baseadas em agentes TROPOS e AORML [18,26], e a análise ontológica dos padrões ISO RM-ODP (Open Distributed Processing – Enterprise Viewpoint) [27-29] e Archimate [30], dos modelos de referência ARIS [29,31-33], além das disciplinas de gerência de configuração, processos e incidentes do padrão ITIL [34]. Por fim, uma extensão de Diagramas de Atividade UML baseada na ontologia de eventos UFO-B (denominada E-OntoUML) foi proposta visando tanto o suporte à modelagem de processos de negócio [35], quanto à representação de Ontologias de Tarefas [36].

### **2.4 Construção de Ontologias de Domínio e de Aplicações Baseadas em Ontologias**

Tanto a ontologia de fundamentação UFO quanto a linguagem OntoUML tem sido utilizadas em diversos estudos de caso de construção de ontologias de domínio, bem como no desenvolvimento de aplicações baseadas nessas ontologias. Exemplos de domínios abordados incluem Eletrocardiologia [37,38], Exploração e Produção de

---

<sup>1</sup> Disponível em [[http://code.google.com/p/ontouml/wiki/How\\_to\\_install\\_and\\_run\\_OntoUML\\_Editor](http://code.google.com/p/ontouml/wiki/How_to_install_and_run_OntoUML_Editor)]

Petróleo [39], Telecomunicações [40], Colaboração [41], Integração de Ferramentas [42], e Simulação de Eventos Discretos [43], entre outros. Em particular, o grupo possui um interesse especial na construção de ontologias de domínio em subdomínios da área de Engenharia de Software. Exemplos nessa direção incluem Processo de Software [17, 44], Medição de Software [45], e Organizações de Software [46].

### **3 Breve Histórico do Grupo e de seus Membros**

Criado em 1998, o LABES (Laboratório em Engenharia de Software) foi fundado em 1999, com o propósito de investigar a aplicação de técnicas baseadas em ontologias na engenharia de software. Nessa área de atuação, um dos principais projetos do laboratório foi o desenvolvimento do ambiente de desenvolvimento ODE (Ontology-Based Development Environment Project) [47]. Esse projeto investigou também o uso de ontologias de domínio como ponto de partida para o desenvolvimento sistemático de frameworks orientados a objeto. Como resultados, foram construídas ontologias formais para diversos subdomínios da engenharia de software como, por exemplo, requisitos de software [48], processo de software [49], qualidade de software [50], gerência de configuração [51]. Uma vez produzidas, essas ontologias de domínio foram utilizadas para a construção de frameworks reutilizáveis que, por sua vez, foram incorporados na ferramenta de desenvolvimento [52]. Desde 2004, o laboratório vem desenvolvendo projetos no uso de ontologias para prover suporte inteligente à gerência do conhecimento em engenharia de software.

Em 2006, o LABES foi incorporado ao recém-criado NEMO. Desde sua criação, o grupo tem estabelecido parcerias com organizações de setores produtivos, como engenharia de domínio, engenharia de software, energia (petróleo e gás natural), gestão de mídias e notícias, telecomunicações, e governo eletrônico. Em particular, no último tópico, o grupo foi convidado para contribuir com a iniciativa e-PING de governo eletrônico do governo federal brasileiro através do grupo de trabalho GT 4 (Intercâmbio e Organização de Informações), bem como para colaborar com a fundação do Grupo de Trabalho OntoGOV (Ontologias e Interoperabilidade Semântica em Governo Eletrônico) do W3C Brasil. Por fim, o grupo tem estabelecido colaborações de longa duração com grupos e pesquisadores de renome da comunidade internacional como, por exemplo, o Laboratório de Ontologia Aplicada (LOA-ISTC-CNR), em Trento (Itália), coordenado por Nicola Guarino, que visitou o NEMO em 2008; o grupo Ontologies in Medicine da Universidade de Leipzig (Alemanha), coordenado por Heinrich Herre; o grupo de Internet Technologies da Brandenburg University of Technology at Cottbus (Alemanha), coordenado por Gerd Wagner, que visitou o NEMO em 2009.

Atualmente, o grupo é formado por 16 alunos, 6 colaboradores de pesquisa e 5 pesquisadores sênior do staff permanente. A biografia desses pesquisadores sênior é resumida a seguir, focalizando os aspectos relacionados ao tema do evento:

Giancarlo Guizzardi obteve seu doutorado (com a mais alta distinção) pela Universidade de Twente (Holanda), em 2005, com uma tese sobre Ontologias de

Fundamentação e Modelagem Conceitual. Desde 2003, tem sido Cientista Visitante, Colaborador de Pesquisa e Pesquisador Associado do Laboratory for Applied Ontology (LOA), Institute for Cognitive Science and Technology (ISTC), em Trento (Itália). Tem trabalhado diretamente com pesquisa em ontologias desde 1997. Foi criador das séries de eventos científicos internacionais VORTE (Vocabularies, Ontologies and Rules for The Enterprise), WOMSDE (Workshop on Ontologies and Metamodels in Software and Data Engineering), MOST (Metamodels, Ontologies and Semantic Technologies) e Onto.Com (International Workshop on Ontologies and Conceptual Modeling). É editor associado do periódico Applied Ontology e membro do corpo editorial dos periódicos Semantic Web Journal e International Journal of Information Systems Modeling and Design. Tem sido convidado para promover a disciplina de Ontology-Driven Conceptual Modeling como keynote speaker (ex. BalticDB&IS 2006, LAWeb/Webmidia/SBSC 2008, SoEAEE 2010), palestrante convidado (ex. CONSEGI 2011), mediador (United Nations Development Program Global Meeting on Government Interoperability Frameworks – GIF 2010), professor visitante (ex., Prague University of Economics, SIKS Dutch Research School) e tutorialista (ex., ER 2009, CAiSE 2011, CibSE 2001). É membro do comitê executivo da International Association for Ontologies and Applications (IAOA), um dos coordenadores do seu subcomitê de difusão internacional (International Outreach) e do seu Special Interest Group on Ontologies and Conceptual Modeling. Por fim, é bolsista de produtividade do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

João Paulo Andrade Almeida obteve seu doutorado pela Universidade de Twente (Holanda) em 2006 com uma tese sobre desenvolvimento baseado em modelos e a noção de plataformas abstratas no desenvolvimento orientado a serviços. Entre 2006 e 2007, foi pesquisador associado ao Telematica Instituut (Holanda), direcionando seu trabalho de pesquisa para a área de Arquiteturas Organizacionais (Enterprise Architectures). Atualmente, tem trabalhado no uso de ontologias para fundamentação de conceitos e avaliação/re-engenharia de modelos de referência e linguagens para modelagem organizacional. Em 2010, foi o coordenador geral da IEEE International Conference on Enterprise Computing (EDOC 2010). Atualmente é membro do comitê de direção da mesma conferência e membro do comitê técnico do IFIP Working Group 8.9 on Enterprise Information Systems (Comitê Técnico 8, Capítulo Brasil). Por fim, é bolsista de produtividade do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Renata S.S. Guizzardi obteve seu doutorado pela Universidade de Twente (Holanda) em 2006, com uma tese sobre o uso do paradigma de Orientação a Agentes na Gestão de Conhecimento, propondo uma visão Construtivista para essa área. Entre 2005 e 2006, foi pesquisadora do grupo de Sistemi di Ragionamento Artificiale (SRA), da Fondazione Bruno Kessler (FBK), Trento (Itália), onde estreitou o foco de parte do seu trabalho de doutorado sobre o uso de Ontologias de Fundamentação para a análise, reengenharia e integração de conceitos a linguagens de modelagem orientadas a agentes. Ela é coordenadora do comitê de programa da 15ª edição da Ibero-American Conference on Software Engineering (CibSE 2012) e membro do

comitê de direção da mesma conferência. Por fim, ela é membro do corpo editorial do *International Journal on Knowledge and Learning*.

Monalessa Perini Barcellos obteve seu doutorado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) em 2009, com uma tese que explora a utilização de uma ontologia de fundamentação na construção de ontologias de domínio e propõe uma estratégia para medição de software, a qual inclui uma ontologia para esse domínio. Tem trabalhado na construção de ontologias de domínio para diversas subáreas da Engenharia de Software (ex.: Gerência de Projetos, Qualidade de Software, Processo de Software e Medição de Software), em particular no contexto do projeto ODE (Ontology-Based Software Development Environment). Atua com pesquisadores e alunos de diversas universidades (UFPA, PUC-PR, COPPE/UFRJ e UFES) na definição de soluções que envolvem modelagem conceitual e ontologias para as organizações que buscam a alta maturidade em seus processos de software. É membro do comitê técnico do Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS). Nos últimos anos, ministrou cursos que abordam a utilização de ontologias na medição de software em eventos como o SBQS e WAMPS (Workshop Anual de Melhoria de Processo de Software).

Ricardo Falbo obteve seu doutorado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) em 1998, com uma tese sobre o uso de ontologias de domínio para a integração de conhecimento em ambientes de desenvolvimento de software. Foi o fundador do laboratório LABES (Laboratório em Engenharia de Software), laboratório de pesquisas que deu origem ao NEMO. Desde 1996, tem trabalhado ativamente no desenvolvimento de técnicas, linguagens, e metodologias para a Engenharia de Ontologias. Além disso, tem trabalhado na construção de ontologias de domínio para diversas subáreas da Engenharia de Software (ex. Processo de Software, Qualidade de Software, Medição de Software, Recursos de Software, Gerência de Configuração). Esse trabalho foi incorporado no desenvolvimento do ODE (Ontology-Based Software Development Environment), um ambiente semântico de desenvolvimento de software baseado em ontologias. Na última década, tem ministrado diversos cursos no tópico de ontologias, incluindo o tutorial intitulado “Apoiando a Engenharia e Gerência de Sistemas Organizacionais através de Ontologias” no Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES’2001) e “Modelagem Conceitual Baseada em Ontologias” na Ibero-American Conference on Software Engineering (CIbSE 2011).

**Agradecimentos.** FAPES (projeto #45444080/09) e CNPq (projetos #481906/2009-6 #309382/2008-4 e #309059/2008-9).

## References

- [1] Guarino, N.; Guizzardi, G., In the Defense of Ontological Foundations for Conceptual Modeling, *Scandinavian Journal of Information Systems*, Vol.18, No. 1, ISSN 0905-0167, 2006.
- [2] Guizzardi, G.; Halpin, T., Ontological Foundations for Conceptual Modeling, *Applied Ontology*, pp. 91-110, Volume 3, Number 1-2 / 2008, ISSN 1570-5838.

- [3] Guizzardi, G., Theoretical Foundations and Engineering Tools for Building Ontologies as Reference Conceptual Models, *Semantic Web Journal*, Editors-in-Chief: Pascal Hitzler and Krzysztof Janowicz, IOS Press, Amsterdam, 2010.
- [4] Guizzardi, G.; Wagner, G. On A Unified Foundational Ontology and some Applications of it in Business Modeling, *Open INTEROP Workshop on Enterprise Modelling and Ontologies for Interoperability*, at the 16th International Conference on Advances in Information Systems Engineering (CAiSE), Latvia, 2004.
- [5] Guizzardi, G., Wagner, G. Using the Unified Foundational Ontology (UFO) as a Foundation for General Conceptual Modeling Languages In: *Theory and Application of Ontologies*, Roberto Poli (editor), ed.Berlin: Springer-Verlag, 2010.
- [6] 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. LNCS 3084, ISBN 3-540-22151-4.
- [7] Guizzardi, G. Modal Aspects of Object Types and Part-Whole Relations and the de re/de dicto distinction, 19th Intl. Conf. on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'07), Trondheim.
- [8] Guizzardi, G. The Problem of Transitivity of Part-Whole Relations in Conceptual Modeling Revisited, 21st Intl. Conf. on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'09), Amsterdam, The Netherlands, 2009.
- [9] Guizzardi, G., Ontological Foundations for Conceptual Part-Whole Relations: The Case of Collectives and their Parts, 23rd International Conference on Advanced Information System Engineering (CAiSE'11), London, UK.
- [10] Guizzardi, G. On the Representation of Quantities and their Parts in Conceptual Modeling, 6th International Conference on Formal Ontologies in Information Systems (FOIS 2010), Toronto, 2010.
- [11] Guizzardi, G., On the representation of Collectives and their Members in UML Conceptual Models: An Ontological Analysis, 6th Intl. Workshop on Foundations and Practice of UML (FP-UML), together with 29th International Conference on Conceptual Modeling (ER 2010), Vancouver, Canada.
- [12] Guizzardi, G.; Masolo, C.; Borgo, S. In the Defense of a Trope-Based Ontology for Conceptual Modeling: An Example with the Foundations of Attributes, Weak Entities and Datatypes, 25th Intl. Conf. on Conceptual Modeling (ER'2006), Arizona, USA. LNCS Vol. 4215, Springer-Verlag, Berlin.
- [13] Masolo, C.; Guizzardi, G.; Vieu, L.; Botazzi, E.; Ferrario, R., *Relational Roles and Qua Individuals*, AAAI Fall Symposium on Roles, an Interdisciplinary Perspective, Virginia, USA, 2005.
- [14] Guizzardi, G., Agent Roles, Qua Individuals and The Counting Problem, *Software Engineering of Multi-Agent Systems*, vol. IV, P. Giorgini, A.Garcia, C. Lucena, R. Choren (eds.), Springer-Verlag, 2006.
- [15] Guizzardi, G.; What's in a Relationship: An Ontological Analysis, *Proceedings of the 25th Intl. Conf. on Conceptual Modeling (ER 2008)*, Barcelona, Espanha, LNCS 5231, pp. 83–97, 2008.
- [16] Guizzardi, G., *Ontological Foundations for Structural Conceptual Models*, ISBN 90-75176-81-3, Universal Press, The Netherlands, 2005.
- [17] Guizzardi, G., Falbo, R. A., Guizzardi, R. S. S. Grounding Software Domain Ontologies in the Unified Foundational Ontology (UFO): The case of the ODE Software Process Ontology, In: *XI Iberoamerican Conference on Software Engineering (CibSE'2008)*, Recife, Brazil, 2008.
- [18] Guizzardi, R. S. S., Guizzardi, G. *Ontology-Based Transformation Framework from Tropos to AORML In in Social Modeling for Requirements Engineering*, P. Giorgini, N. Maiden, J. Mylopoulos, E. Yu (eds.) *Cooperative Information Systems Series*, MIT Press, Boston, 2010.
- [19] Benevides, A.B.; Guizzardi, G. A Model-Based Tool for Conceptual Modeling and Domain Ontology Engineering in OntoUML, 11th Intl. Conf. on Enterprise Information Systems (ICEIS), Milan, 2009.
- [20] Benevides, A.B.; Guizzardi, G.; Braga, B.F.B.; Almeida, J.P.A., Validating modal aspects of OntoUML conceptual models using automatically generated visual world structures, *Journal of Universal Computer Science*, Special Issue on Evolving Theories of Conceptual Modeling, Editors: Klaus-Dieter Schewe and Markus Kirchberg, 2010.
- [21] Braga, B.F. B. ; Almeida, J.P.A; Guizzardi, G. ; Benevides, A.B. Transforming OntoUML into Alloy: towards conceptual model validation using a lightweight formal method. *Innovations in Systems and Software Engineering (Print)*, p. 17-24, 2010.
- [22] Zamborlini, V.; Guizzardi, G., On the representation of temporally changing information in OWL, *IEEE 5th Joint International Workshop on Vocabularies, Ontologies and Rules for The Enterprise (VORTE) – Metamodels, Ontologies and Semantic Technologies (MOST)*, together with 15th International Enterprise Computing Conference (EDOC 2010), Vitória, Brazil, 2010.
- [23] Castro, L., Baião, F., Guizzardi, G., A Linguistic Approach to Conceptual Modeling with Semantic Types and OntoUML, *IEEE 5th Joint International Workshop on Vocabularies, Ontologies and Rules*



- for The Enterprise (VORTE) – Metamodels, Ontologies and Semantic Technologies (MOST), together with 15th International Enterprise Computing Conference (EDOC 2010), Vitória, 2010.
- [24] Jaramillo, C.M.Z.; Pastor, O.; Guizzardi, G.; Guizzardi, R.S.S., Concept Categorization in Pre-Conceptual Schemas, 14th Iberoamerican Conference on Software Engineering (CIBSE 2011), Rio de Janeiro, Brazil.
- [25] Guizzardi, G.; das Graças, A.P.; Guizzardi, R.S.S., Design Patterns and Inductive Modeling Rules to Support the Construction of Ontologically Well-Founded Conceptual Models in OntoUML, 3rd International Workshop on Ontology-Driven Information Systems (ODISE 2011), together with the 23rd International Conference on Advanced Information System Engineering (CAiSE'11), London.
- [26] Guizzardi, R. S. S., Guizzardi, G. Applying the UFO Ontology to Design an Agent-oriented Engineering Language, 14th East-European Conference on Advances in Databases and Information Systems (ADBIS 2010), Novi Sad, Serbia, 2010.
- [27] Almeida, J.P.A., Guizzardi, G. A Semantic Foundation for Role-Related Concepts in Enterprise Modelling, IEEE International EDOC Conference, 2008, Munique. 2008.
- [28] Almeida, J.P.A.; Cardoso, E., Guizzardi, G., On the Goal Domain in the RM-ODP Enterprise Language: An Initial Appraisal based on a Foundational Ontology, IEEE 6th International Workshop on ODP for Enterprise Computing (WODPEC 2010), together with 15th International Enterprise Computing Conference (EDOC 2010), Vitória, Brazil, 2010.
- [29] Almeida, J.P.A.; Guizzardi, G.; Santos JR., P. S. . Applying and Extending a Semantic Foundation for Role-Related Concepts in Enterprise Modelling. International Journal of Enterprise Information Systems (IJEIS), IGI-Global, 2009.
- [30] Azevedo, C.; Almeida, J.P.A., van Sinderen, M.J., Quartel, D., Guizzardi, G., An Ontology-Based Semantics for the Motivation Extension to ArchiMate, 15th IEEE International Conference on Enterprise Computing (EDOC 2011), Helsinki, Finland.
- [31] Santos Jr., P.; Almeida, J.P.A.; Guizzardi, G., An Ontology-Based Semantic Foundation for Organizational Structure Modeling in the ARIS Method, IEEE 5th Joint International Workshop on Vocabularies, Ontologies and Rules for The Enterprise (VORTE) – Metamodels, Ontologies and Semantic Technologies (MOST), together with 15th International Enterprise Computing Conference (EDOC 2010), Vitória, 2010.
- [32] Cardoso, E.C., Santos Jr., P.S., Almeida, J.P.A., Guizzardi, R.S.S., Guizzardi, G., Semantic Integration of Goal and Business Process Modeling, IFIP International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems (CONFENIS), Rio Grande do Norte, Brazil, 2010.
- [33] Santos Jr., P.; Almeida, J.P.A.; Guizzardi, G., An Ontology-Based Semantic Foundation for ARIS EPCs, 25th ACM Symposium On Applied Computing (ACM SAC 2010), Sierre, Switlerland, 2010.
- [34] Calvi, C.Z. Gerenciamento de Serviços de TI e Modelagem de Processos de Configuração ITIL® em uma Plataforma de Serviços Sensíveis a Contexto, Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.
- [35] Martins A.F., Falbo, R.A.; Guizzardi, G., Almeida, J.P.A., Uso de uma Ontologia de Fundamentação para Dirimir Ambiguidades na Modelagem de Processos de Negócio, 7th Brazilian Symposium on Information Systems (SBSI 2011), Salvador, Brazil, 2011.
- [36] Martins, A.F., Falbo, R.A., Models for Representing Task Ontologies, In: 3rd Workshop on Ontologies and their Applications (WONTO 2008), Salvador, 2008.
- [37] Gonçalves, B.N.; Guizzardi, G.; Pereira Filho, J.G., Using an ECG reference ontology for semantic interoperability of ECG data, Journal of Biomedical Informatics, Special Issue on Ontologies for Clinical and Translational Research, Editors: Barry Smith, Werner Ceusters and Richard H. Scheuermann, Elsevier, 2011.
- [38] Gonçalves, B. N.; Zamborlini, V.; Guizzardi, G. An Ontological Analysis of the Electrocardiogram. Electronic Journal of Communication, Information and Innovation in Health, 2009.
- [39] Guizzardi, G.; Lopes, M.; Baião, F.; Falbo, R. On the importance of truly ontological representation languages, International Journal of Information Systems Modeling and Design (IJISMD), IGI-Global, ISSN: 1947-8186, 2010.
- [40] Barcelos, P.P.F.; Guizzardi, G.; Garcia, A.S., Monteiro, M.E., Ontological Evaluation of the ITU-T Recommendation G.805, 18th International Conference on Telecommunications (ICT 2011), IEEE Press, Cyprus, 2011.
- [41] Oliveira, F.F., Uma Ontologia de Colaboração e suas Aplicações, Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.
- [42] Calhau, R. F., Falbo, R. A., An Ontology-based Approach for Semantic Integration. In: 14th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2010), 2010, Vitória.

- Proceedings 14th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference. Los Alamitos : IEEE Computer Society, 2010. p. 111-120.
- [43] Guizzardi, G., Wagner, G. Towards an Ontological Foundation of Discrete Event Simulation, 16th International Winter Simulation Conference, Baltimore, USA, 2010.
- [44] Barcellos, M.P., Falbo, R. A., Rocha, A.R.C., A Well-founded Software Process Behavior Ontology to Support Business Goals Monitoring in High Maturity Software Organization. In: The Joint Fifth International Workshop on Vocabularies, Ontologies and Rules for the Enterprise / International Workshop on Metamodels, Ontologies and Semantic Technologies - VORTE/MOST 2010, 2010, Vitória. Proceedings 14th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops EDOCW 2010. Los Alamitos : IEEE Computer Society, 2010. p. 253-262.
- [45] Barcellos, M.P. ; Falbo, R. A. ; Moro, R. Dal . A Well-Founded Software Measurement Ontology. In: 6th International Conference on Formal Ontology in Information Systems, 2010, Toronto. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. Amsterdam : IOS Press, 2010. v. 209. p. 213-226.
- [46] Barcellos, M.P. ; Falbo, R. A., Using a Foundational Ontology for Reengineering a Software Enterprise Ontology. In: The Joint International Workshop on Metamodels, Ontologies, Semantic Technologies and Information Systems for the Semantic Web, 2009, Gramado. *Advances in Conceptual Modeling - Challenging Perspectives*, LNCS 5833, 2009. p. 179-188.
- [47] Falbo, R.A., Natali, A. C. C., Mian, P. G., Bertollo, G., Ruy, F. B., ODE: Ontology-based software Development Environment. IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, La Plata, Argentina, Oct 2003.
- [48] Nardi, J.C.; Falbo, R.A. Uma Ontologia de Requisitos de Software. In: 9º Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software (IDEAS 2006), 2006.
- [49] Falbo, R.A., Bertollo, G., Establishing a Common Vocabulary for Software Organizations Understand Software Processes. *Intl. Journal on Business Process Integration and Management (IJBPIIM)*, 2010.
- [50] Moro, R.D. ; Falbo, R.A. Uma Ontologia para o Domínio de Qualidade de Software com Foco em Produtos e Processos de Software. In: III Workshop on Ontologies and Metamodeling in Software and Data Engineering, 2008, Campinas. *Anais do III WOMSDE*, 2008. p. 37-48.
- [51] Arantes, L. O.; Falbo, R. A.; Guizzardi, G., Evolving a Software Configuration Ontology, in Proceedings of the Second Brazilian Workshop on Ontologies and Metamodels for Software and Data Engineering (WOMSDE'07), João Pessoa, Brazil, 2007.
- [52] Guizzardi, G.; Falbo, R.A.; Pereira Filho, J.G. Using objects and Patterns to implement domain ontologies, *Journal of Brazilian Computer Society (JBACS)*, Special Issue on Software Engineering (ISSN 0104-6500), Volume 8, Number 1, July 2002.