

Uma Metodologia para o Desenvolvimento de Ontologias

A Methodology for the Development of Ontologies

Sandro Rautenberg

Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO
Departamento de Ciência da Computação - Guarapuava, PR
srautenberg@unicentro.br

José L. Todesco

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento
tite@egc.ufsc.br

Andrea V. Steil

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento
andreasteil@egc.ufsc.br

Fernando A. O. Gauthier

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento
gauthier@inf.ufsc.br

Resumo: Ontologias são um importante meio de representar, formalizar e compartilhar conhecimento. No contexto da Engenharia de Ontologias, várias metodologias de desenvolvimento são propostas, cada qual com suas características em relação ao ciclo de vida de ontologias. Por conseguinte, não há uma metodologia estabelecida como padrão para o propósito geral de desenvolvimento de ontologias. Por isso, na literatura acadêmica enfatiza-se a combinação de metodologias. Mediante o estudo de algumas metodologias, atentando as características de simplicidade, expressividade e funcionalidade, é abstraído um conjunto de elementos para o desenvolvimento de ontologias. Como resultado, tem-se uma

nova metodologia, a qual compreende as atividades, as tarefas e a sugestão de ferramentas em um processo de desenvolvimento de ontologias, sendo que tal metodologia foi validada em pesquisas exploratórias e/ou aplicadas.

Palavras-chave: engenharia de ontologias; metodologia para desenvolvimento de ontologias; ontologias.

Abstract: Ontologies are an important means to represent, formalize and share knowledge. In the Ontology Engineering context, several development methodologies are proposed, each with its own features regarding the life cycle of ontologies. Therefore, there is no established pattern for the general purpose of ontology development, so that the academic literature recommends a combination of several methodologies. This paper presents a review of some methodologies, focusing on elements such as simplicity, expressiveness and performance, which are then abstracted for designing purposes. As result, a new methodology is defined, which includes the activities, tasks and suggestion of tools for an ontology development process. This approach was verified in exploratory and applied research projects.

Key words: ontology development methodology; ontology engineering.

1 Introdução

Ontologia é um termo que tem diferentes definições nas disciplinas da Filosofia e da Ciência da Computação [1]. Originalmente proposto por filósofos, tal termo foi definido como uma disciplina dedicada à natureza e à existência de elementos. Na Ciência da Computação, as ontologias se tornaram populares na representação de conhecimento, sendo que sua primeira definição mais popular é atribuída a Gruber, o qual define uma ontologia como “uma especificação explícita de uma conceitualização”[2]. Corroborando, Borst estendeu esta definição, atribuindo a perspectiva de colaboração, redefinindo que “uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”[3].

Recentemente, ontologias são utilizadas no âmbito da Engenharia e da Gestão do Conhecimento, primando pela colaboração entre pessoas e/ou visões de mundo, pela interoperabilidade/integração de fontes de informações, na instrução como fonte de referência e na modelagem de elementos de conhecimento [4].

O trabalho retratado neste artigo é parte de uma pesquisa inserida no contexto da Engenharia e da Gestão do Conhecimento, a qual objetiva o desenvolvimento de “Modelo de Conhecimento para Mapeamento de Instrumentos da Gestão do Conhecimento e Agentes da Engenharia do Conhecimento baseado em Ontologias” [5].

Para tanto, este artigo remete a um ponto específico da pesquisa supracitada, que é a definição de uma metodologia para desenvolvimento de ontologias. No entendimento deste trabalho, entende-se que uma metodologia para o desenvolvimento de ontologias segue os preceitos da IEEE [6], entidade que define que uma metodologia deve englobar e integrar uma série de técnicas ou de métodos para criar uma teoria geral e sistêmica de como realizar uma classe de trabalho intensivo de conhecimento. Considerando que o desenvolvimento de ontologias é um trabalho intensivo em conhecimento, cabe definir o conjunto de atividades e suas respectivas tarefas que são executadas quando se constrói ontologias.

Embora já existam metodologias propostas para o desenvolvimento de ontologias [7], deve-se ater ao fato que muitas dessas metodologias se preocupam mais com determinadas atividades no processo de desenvolvimento em detrimento de outras, oferecendo uma gama de artefatos metodológicos somente às atividades privilegiadas [8]. Por isso, uma combinação das melhores práticas de várias metodologias torna-se pertinente em um processo de desenvolvimento de ontologias, valendo-se das vantagens e dos artefatos metodológicos de cada uma das metodologias combinadas [8 - 10].

Diante das assertivas supracitadas, este trabalho tem como pergunta de pesquisa “Como definir uma metodologia que comporte um processo de desenvolvimento de ontologias?”. Respondendo a esta questão, este artigo tem o objetivo de apresentar uma metodologia de desenvolvimento de ontologias

que compreenda as atividades de especificação, aquisição do conhecimento, implementação e validação de ontologias.

Caracteriza-se esta pesquisa como exploratória, sendo que o procedimento metodológico adotado foi baseado na revisão bibliográfica de algumas metodologias de desenvolvimento de ontologias. Com a revisão de literatura, foi possível determinar uma nova metodologia, baseando-se em um conjunto de artefatos das metodologias On-to-Knowledge [9]) e METHONTOLOGY [11] e do guia *Ontology Development 101* [12]. Como forma de validação, a metodologia proposta foi empregada em pesquisas aplicadas e/ou exploratórias, demonstrando êxito no desenvolvimento de ontologias. Neste sentido, cabe ressaltar como exemplos de aplicação os trabalhos de [13] e [14] e o emprego da metodologia no ensino de preceitos de Engenharia de Ontologias em uma disciplina de pós-graduação [15].

Para tanto, expressando a definição da metodologia proposta, além desta seção introdutória, este artigo compreende alguns aspectos conceituais, os quais abordam as atividades no processo de desenvolvimento de ontologias e as metodologias de desenvolvimento de ontologias que dão sustentação à proposta. Em seguida, é apresentada a metodologia proposta, com suas respectivas atividades, tarefas, ferramentas computacionais de apoio e a discussão da aplicação da metodologia como forma de exposição da validação. Por fim, são apresentadas as conclusões e as sugestões de trabalhos futuros.

2 Aspectos conceituais para o desenvolvimento de ontologias

Para Gasevic et al. [4], o desenvolvimento de ontologias requer um esforço considerável de engenharia, disciplina e rigor, onde princípios de projeto, atividades e processos de desenvolvimento, tecnologias de suporte e metodologias sistêmicas devem ser empregados. Neste contexto, surge a Engenharia de Ontologias, preocupando-se com o conjunto de atividades, o processo de desenvolvimento de ontologias, o ciclo de vida de ontologias, os métodos e metodologias para desenvolver ontologias e as ferramentas e linguagens de suporte à construção de ontologias [11].

A [16, 17] terminologia de Engenharia de Ontologias é baseada na Engenharia de *Software*. Por conseguinte, no processo de construção de ontologias, usualmente são aceitas as atividades de especificação, conceitualização, formalização, implementação e manutenção. A cada uma destas atividades existem tarefas a serem executadas, como seguem:

Especificação: identificar o propósito e o escopo da ontologia. O propósito responde à questão “por que a ontologia é construída?”, enquanto o escopo responde à questão “quais são as intenções de uso e usuários da ontologia?”

Conceitualização: descrever, em modelo conceitual, a ontologia a ser construída, de acordo com as especificações encontradas no estágio anterior. Cabe ressaltar que o modelo conceitual de uma ontologia pode ser construído mediante ferramentas formais e informais. Tal modelo consiste em conceitos do domínio, as relações entre os conceitos e as propriedades dos conceitos.

Formalização: transformar a descrição conceitual em um modelo formal. Nesta fase, conceitos são definidos através de axiomas que restringem as possíveis interpretações de seu significado e também organizados hierarquicamente através de relações de estruturas, tais como “é-um” ou “parte-de”.

Implementação: implementar a ontologia formalizada em uma linguagem de representação do conhecimento.

Manutenção: atualizar e corrigir a ontologia desenvolvida, de acordo com o surgimento de novos requisitos.

Além disso, Pinto e Martins [16] também pontuam outras atividades que devem ser executadas durante o ciclo de vida de uma ontologia, sendo elas:

Aquisição do conhecimento: adquirir conhecimento sobre um domínio por meio de técnicas de elicitação do conhecimento com especialistas de domínio ou recorrer à bibliografia relevante. Várias técnicas podem ser utilizadas, como brainstorming, entrevistas, questionários, análise de texto e técnicas indutivas.

Avaliação: julgar tecnicamente a qualidade da ontologia por meio da:

- Avaliação técnica: julgar a ontologia e a documentação diante um frame de referência. Há duas atividades envolvidas:

- a) verificação, a qual garante a correção da ontologia de acordo com o entendimento aceito sobre o domínio em fontes de conhecimento especializadas; e
 - b) validação, a qual garante que a ontologia corresponde a sua suposta finalidade, de acordo com os documentos de especificação de requisitos.
- Avaliação dos usuários: julgar a ontologia do ponto de vista do usuário, em relação a sua usabilidade e utilidade; e do ponto de vista da (re)utilização em outras aplicações conforme a sua documentação.
 - Documentação: relatar o que, como e por que foi feito. Uma documentação associada com os termos presentes na ontologia é muito importante, não somente para melhorar a clareza da ontologia, mas também para facilitar a manutenção, uso e reuso.

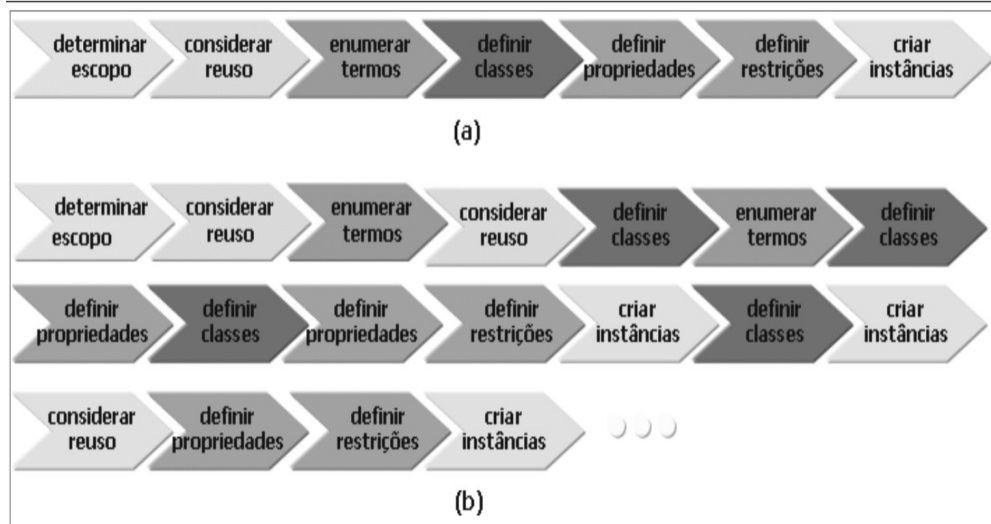
Ressalte-se que o conjunto de atividades anteriormente enumeradas pode não ser contemplado totalmente em uma metodologia para desenvolvimento de ontologias. Existem metodologias que são empregadas em atividades específicas na Engenharia de Ontologias [7]. Corroborando, Fernandez-López e Gómez-Pérez [8] mencionam que em cada metodologia proposta existem atividades que deixam de estar compreendidas. Por isso, segundo os autores [7 - 10], uma combinação de metodologias torna-se pertinente no desenvolvimento de ontologias. Partindo deste princípio, a seguir são descritas resumidamente as metodologias utilizadas como subsídios à composição da metodologia proposta.

2.1 Ontology Development 101

Não existe um modo correto ou metodologia de desenvolvimento de ontologias [12]. Por isso, os autores sugerem apenas um processo para tal, denominado Ontology Development 101. Este processo consiste em um guia de passos iterativos, livremente executados no desenvolvimento de ontologias. A figura 1 ilustra (a) os sete passos sugeridos pelos pesquisadores e (b) um exemplo de como os passos podem ser empregados durante o desenvolvimento de uma

ontologia. Resumidamente, os sete passos do guia *Ontology Development 101* são:

Figura 1. Processo de desenvolvimento pelo guia *Ontology Development 101* (baseado em [12])



Determinar o domínio e o escopo da ontologia: deve-se identificar claramente o propósito e os cenários de utilização da ontologia a ser desenvolvida. “O que abrange o domínio da ontologia?”, “para que se utilizará a ontologia?”, “que questões a ontologia deveria responder?”, “quem utilizará e manterá a ontologia?” são exemplos de questões que norteiam a determinação do domínio e escopo no desenvolvimento de uma ontologia.

Considerar o reuso de ontologias existentes: é aconselhável verificar a existência de ontologias que podem ser reutilizadas em um novo projeto de ontologia, a fim de não se “reinventar a roda” ou proporcionar a interação da ontologia desenvolvida com outras aplicações.

Enumerar termos importantes do domínio da ontologia: relacionar uma lista de termos presentes no discurso do domínio da ontologia. A relação de termos é importante para os passos subsequentes do guia, como definir classes, definir propriedades e definir instâncias.

Definir as classes do domínio e a hierarquia de classes: a partir da lista de termos, extraem-se aqueles que descrevem objetos, os quais genericamente

representam classes. Com um conjunto de classes definido, deve-se organizar as classes de forma hierárquica, considerando um nível de abstração mais geral em direção as classes específicas.

Definir as propriedades das classes: a partir da lista remanescente de termos, deve ser observados se eles correspondem a propriedades de dados ou de relações de classe para uma determinada classe.

Definir as restrições das propriedades: caso uma propriedade de classe seja de dados, observa-se o tipo de dado que a propriedade comporta (string ou número, por exemplo). Caso a propriedade seja uma relação, deve-se definir a que classes a relação aponta. Restrições sobre cardinalidade e valores válidos para as propriedades também devem ser considerados neste passo.

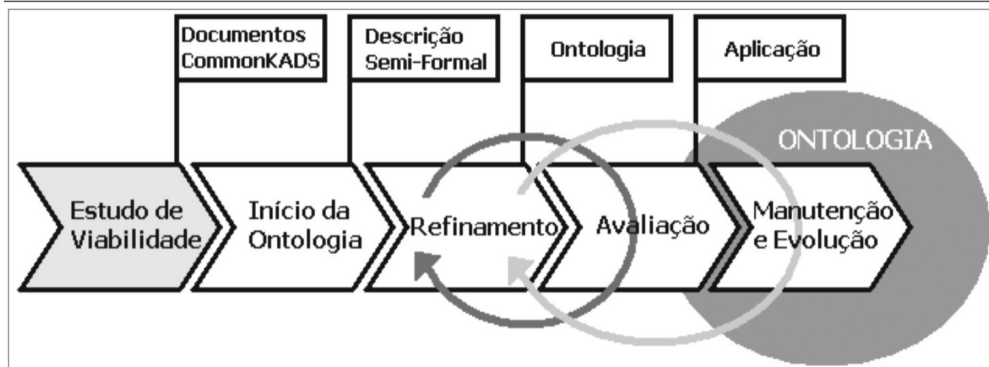
Criar as instâncias do domínio: finalmente, criam-se as instâncias da ontologia a partir da definição das classes, valorando suas propriedades de dados e relações.

Por se tratar de um guia, o *Ontology Development 101* contribui à metodologia proposta com uma visão clara de como se dá um processo iterativo para o desenvolvimento de ontologias. Por isso, boa parte de seus passos são adotados, como pode ser observado na seção 3 – Definição da Metodologia para o Desenvolvimento de Ontologias.

2.2 On-to-knowledge

On-to-Knowledge é uma metodologia de desenvolvimento de ontologias fruto da cooperação de várias entidades europeias [18], tendo como intuito desenvolver ontologias para serem empregadas em Sistemas de Gestão do Conhecimento. Conforme mostra a figura 2, esta metodologia é dividida em cinco fases [9], sendo elas:

Figura 2. Processo de desenvolvimento da metodologia On-to-Knowledge (adaptado de [9])



Estudo de viabilidade: é uma fase anterior ao desenvolvimento de ontologias. Amparada pela metodologia de Engenharia do Conhecimento CommonKADS [19], o estudo de viabilidade destina-se a identificar problemas e oportunidades de uma organização, objetivando mapear a real necessidade do desenvolvimento de uma ontologia.

Início da ontologia: na metodologia, o desenvolvimento de uma ontologia inicia-se nesta fase. Fazendo uma analogia ao processo de software, aqui se objetiva produzir documentos de especificação de requisitos, definindo o domínio e objetivos da ontologia, utilizando padrões de projeto, identificando as fontes de conhecimento, definindo atores e cenários, enumerando questões de competência, definindo o ambiente de desenvolvimento da ontologia, entre outros.

Refinamento: o objetivo desta fase é desenvolver uma ontologia a ser utilizada em um Sistema de Gestão do Conhecimento, de acordo com os documentos produzidos nas fases anteriores. Para tanto, os engenheiros do conhecimento se valem de técnicas de elicitação do conhecimento ao interagir com os especialistas de domínio, modificando e estendendo a ontologia em desenvolvimento na direção de uma versão estável.

Avaliação: o objetivo desta fase é a aferição da completude e precisão da ontologia mediante a documentação gerada durante o desenvolvimento da ontologia e um frame de referência, o qual pode corresponder às questões de competência enumeradas na fase “início da ontologia”.

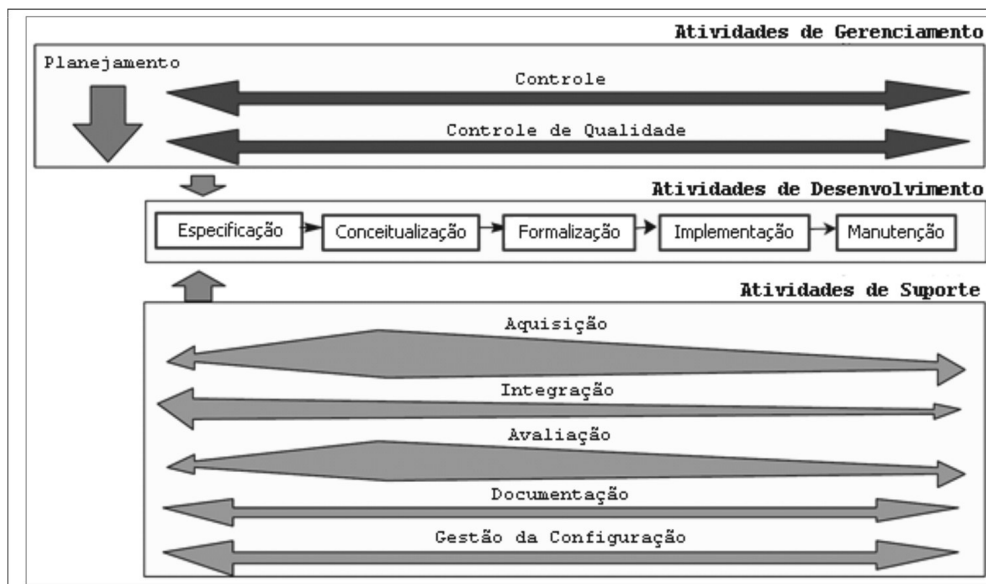
Manutenção e Evolução: esta é uma fase de responsabilidade da organização que utilizará a ontologia. É importante ter ciência dos atores responsáveis pela manutenção da ontologia e das regras para sua manutenção.

A característica principal da On-to-Knowledge para com a presente proposta é sua preocupação com as fases iniciais do estudo de viabilidade e início da ontologia. Neste sentido, corroborando com o guia *Ontology Development 101*, é clara a necessidade de definir o domínio e o escopo da ontologia, sobretudo, na utilização de questões de competência para tal delineamento.

2.3 Methontology

METHONTOLOGY é uma metodologia de desenvolvimento de ontologias idealizada por um grupo de pesquisa em Engenharia de Ontologias da Universidade Politécnica de Madri, sendo fortemente influenciada por metodologias de Engenharia de Software e de Engenharia do Conhecimento [11].

Figura 3. Processo de desenvolvimento e ciclo de vida da METHONTOLOGY (adaptado de [11])



Esta metodologia prevê um ciclo de vida baseado na prototipagem de ontologias, de acordo com a evolução do processo de desenvolvimento (especificação, conceitualização, formalização, implementação e manutenção). Inspirando-se em preceitos do ciclo de vida de software, as atividades privilegiadas na METHONTOLOGY são destinadas ao gerenciamento, desenvolvimento e suporte do ciclo de vida de uma ontologia, conforme figura 3.

Considerando as demais metodologias de desenvolvimento de ontologias, a característica principal da METHONTOLOGY é a definição de um rico conjunto de artefatos de documentação, dos quais a metodologia proposta também se vale. A próxima seção apresenta a metodologia proposta.

3 Definição da metodologia para o desenvolvimento de ontologias

Como compreendida, a metodologia proposta para o desenvolvimento de ontologias combina melhores práticas de algumas metodologias do desenvolvimento de ontologias. Pontualmente, a proposta tem contribuições das metodologias On-to-Knowledge [9] e METHONTOLOGY [11] e do guia *Ontology Development 101* [12], como segue:

Guia Ontology Development 101: contribui com uma visão clara de como se dá um processo iterativo para o desenvolvimento de ontologias.

On-to-Knowledge: contribui na especificação dos requisitos da ontologia, por meio do emprego de questões de competência como modo simples e direto para confirmar o propósito e o escopo de uma ontologia. Tal fato permite identificar antecipadamente, conceitos, propriedades, relações e instâncias.

METHONTOLOGY: por meio de uma rica gama de artefatos, contribui na documentação e na avaliação de ontologias.

A seguir discorre-se sobre as atividades, tarefas e ferramentas de apoio da metodologia proposta.

3.1 Atividades e tarefas da metodologia

Diante do exposto, a metodologia proposta se baseia em quatro grandes atividades, com suas respectivas tarefas:

Especificação: é uma atividade também presente no guia *Ontology Development 101*, *On-to-Knowledge* e *METHONTOLOGY*. Nesta atividade tende-se a discernir a respeito dos custos do desenvolvimento da ontologia, onde pretende-se:

Identificar o escopo da ontologia: responder “quem são os usuários”, “quais são as intenções de uso”, entre outras.

Identificar o propósito da ontologia: identificar por que a ontologia deve ser construída, entre outros.

Identificar as fontes de conhecimento: procurar livros, artigos e outras fontes, dos quais pode-se abstrair o entendimento dos conceitos presentes no domínio da ontologia.

Considerar o reuso de ontologias: verificar a existência de ontologias correlacionadas, das quais pode-se aproveitar conceitos já estabelecidos.

Aquisição do conhecimento: esta é uma atividade que também compreende as tarefas de conceitualização e de formalização da ontologia. Esta atividade é entendida como aquisição do conhecimento por representar o ponto de maior interação do engenheiro do conhecimento com os especialistas de domínio. Desta interação se abstrai a maioria dos elementos de conhecimento da ontologia. Interativamente, consideram-se as tarefas de:

Gerar as questões de competência: entrevistar especialistas de domínio na perspectiva que estes elaborem questões que a ontologia deva responder, as quais relacionam os termos, jargões e relacionamentos presentes no domínio.

Agregar os elementos reutilizáveis: das ontologias que têm aderência à ontologia em desenvolvimento, para capturar novos elementos ou a definição de elementos já estabelecidos, por exemplo.

Listar os termos da ontologia: a partir das fontes de conhecimento e das questões de competência, pode-se abstrair termos comumente utilizados pelos especialistas de domínio.

Classificar e definir os termos: de acordo com o entendimento consensual do domínio, classificam-se os termos como classe, relação entre classes, propriedades de dados, instância ou restrição. Também é necessário definir os termos em linguagem natural, repercutindo o entendimento consensual dos elementos da ontologia.

Definir a hierarquia de classes: uma vez a lista de termos classificada, atém-se somente às classes. Nesta tarefa, pretende-se organizar as classes na forma de uma árvore, tal qual na orientação a objetos, privilegiando as características de herança.

Mapear as relações às classes: para cada classe, agregam-se os termos tidos como “relação” e que evidenciam explicitamente o relacionamento de uma classe em questão para com as demais classes do domínio.

Mapear as propriedades de dados às classes: para cada classe, agregam-se os termos tidos como “propriedade de dados” e que são percebidos explicitamente como uma característica da classe em questão.

Mapear as restrições às classes: para cada classe, verifica-se a existência de regras que possam restringir o conteúdo de suas propriedades de dados ou relações.

Mapear as instâncias às classes: para cada classe, associam-se os termos tidos como exemplos concretos da classe em questão.

Refinar as relações das classes: para cada relação, é necessário atrelar algumas características (funcional, inversa funcional, transitiva e simétrica).

Refinar as propriedades de dados das classes: para cada propriedade de dados, define-se qual o tipo de dados comportado (string, número ou booleano) e se a propriedade tem a característica funcional.

Implementação: é uma atividade de menor interação com especialistas de domínio, sendo reservada às tarefas de:

Valorar as propriedades de dados: para cada instância da ontologia, deve-se atribuir o valor de suas propriedades internas.

Valorar as relações: para cada instância da ontologia, deve-se valorar as relações das instâncias para com outras instâncias da ontologia; e

Valorar as restrições das classes: para cada classe, deve-se valorar as restrições presentes no domínio quanto aos valores possíveis de suas propriedades de dados e de suas relações.

Verificação: trata-se de uma atividade que prevê maior interação com especialistas de domínio e com os usuários da ontologia para averiguar a ontologia, sendo as tarefas:

Verificar a ontologia perante as fontes de conhecimento: é a avaliação técnica da ontologia de acordo com o entendimento aceito sobre o domínio em fontes de conhecimento especializadas, verificando a coerência do conhecimento representado.

Verificar a ontologia perante um frame de referência: é a avaliação técnica da ontologia ao confrontá-la com um frame de referência gerado a partir do propósito, do escopo e das questões de competência da ontologia, verificando a precisão e a completude da ontologia.

Verificar a ontologia perante a visão do usuário: é a avaliação da ontologia juntamente com os especialistas de domínio e usuários envolvidos para verificar a usabilidade e a utilidade da ontologia.

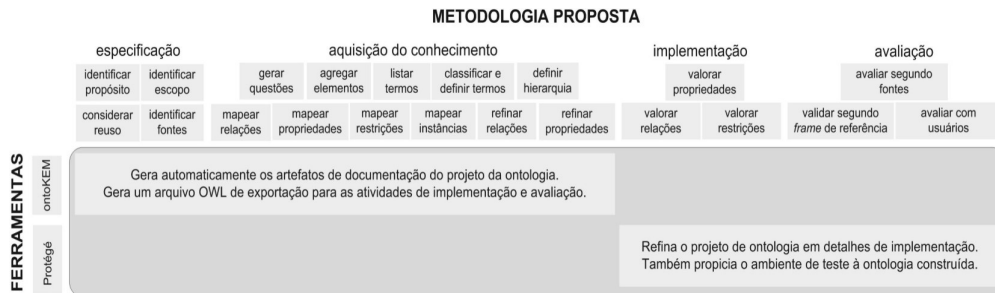
3.2 Ferramentas

Representando a proposta, a figura 4 ilustra o conjunto de atividades e suas tarefas, juntamente com as ferramentas de apoio privilegiadas na metodologia. Conforme a figura, prospecta-se a utilização da ferramenta ontoKEM e do editor de ontologias Protégé como ferramentas de apoio.

A ferramenta ontoKEM (Figura 5) é uma ferramenta para especificação, conceitualização, formalização e documentação de ontologias. A principal vantagem e justificativa de utilização desta ferramenta é a geração automática de artefatos customizados que privilegiem a atividade de documentação durante o processo de desenvolvimento de ontologias. Cabe ressaltar que os documentos

gerados pela ontoKEM também são subsídios pertinentes para o frame de referência na atividade de verificação de ontologias.

Figura 4. Representação da metodologia proposta



Fonte: Autores.

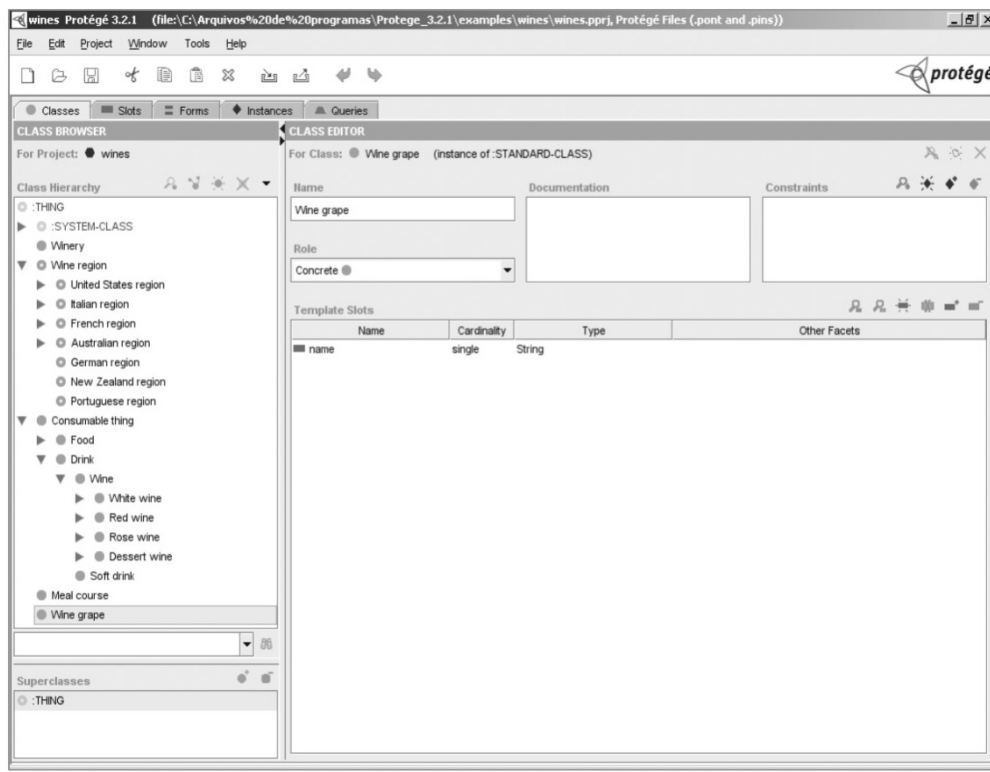
Figura 5. Ferramenta ontoKEM – módulo cadastro de vocábulos



Fonte: Autores

De antemão, faz-se o registro de uma limitação da ontoKEM para com todo o ciclo de vida no desenvolvimento de ontologias, sendo esta a impossibilidade de seu emprego nas atividades de implementação e validação de ontologias. Para contornar esta limitação e possibilitar a realização das atividades citadas, por ora, a ontoKEM tem a opção “exportar versão da ontologia”, a qual gera o arquivo no formato “.owl” do projeto de ontologias. Na metodologia proposta, tal arquivo é importado no Protégé para prosseguimento das atividades restantes.

Figura 6. O editor de ontologias Protégé – ontologia de exemplo “wines”



Fonte: Adaptada de Protégé [20]

O editor de ontologias Protégé (Figura 6) é uma plataforma livre de código aberto, mundialmente conhecido, que provê um conjunto de funcionalidades para construir modelos de domínio e aplicações baseadas em conhecimento com ontologias [20]. Para a metodologia proposta, o Protégé implementa vários recursos úteis para as atividades de implementação e avaliação de ontologias.

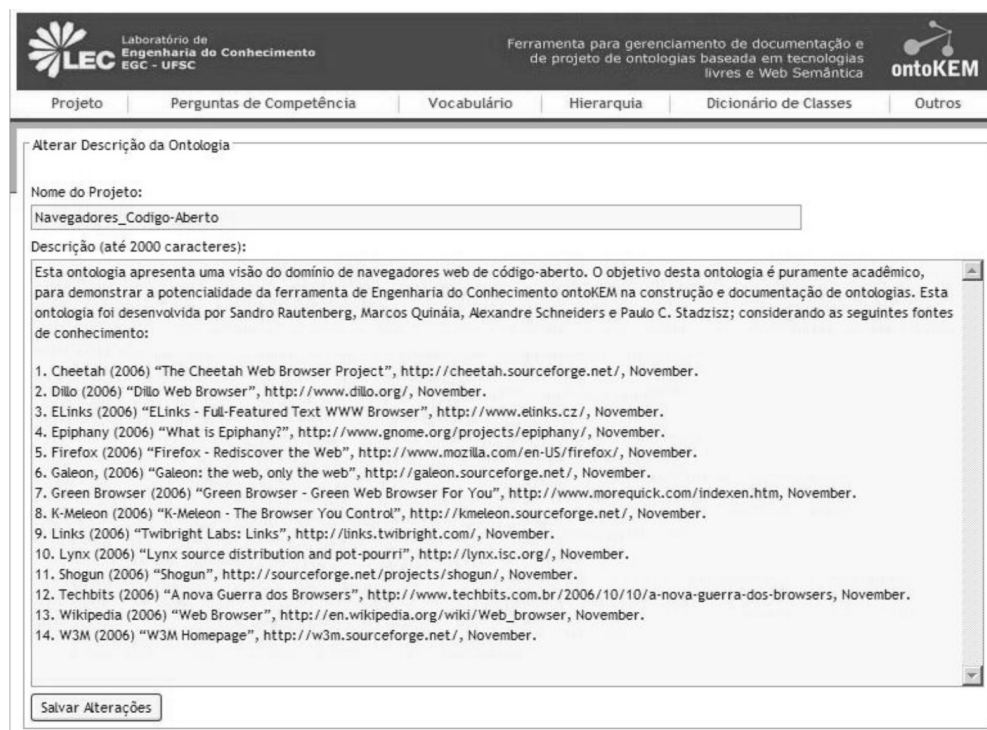
Uma vez apresentada a metodologia proposta para o desenvolvimento de ontologias, cabe ressaltar que esta foi validada perante o desenvolvimento de algumas pesquisas aplicadas e/ou exploratórias. Tais desenvolvimentos são apresentados a seguir.

3.3 Exemplificando a utilização da metodologia

Como exemplo da utilização da metodologia, torna-se o trabalho de Quináia et al [13], que teve como objetivo desenvolver uma ontologia de domínio para navegadores web. Cabe ressaltar que todos os artefatos de documentação gerados no referido trabalho são encontrados a partir do sítio “<http://ontokem.egc.ufsc.br/ontologiaNavegadoresWeb/index.html>”.

Denominada “Especificação”, a primeira atividade na metodologia restringe-se à determinação do escopo e do propósito da ontologia, identificando também as fontes de conhecimento e as ontologias correlacionadas ao domínio da ontologia que se pretende desenvolver. Ilustrando esta atividade, a figura 7 demonstra a tela “Descrição da Ontologia” da ontoKEM, onde se registra em linguagem natural a especificação da uma ontologia.

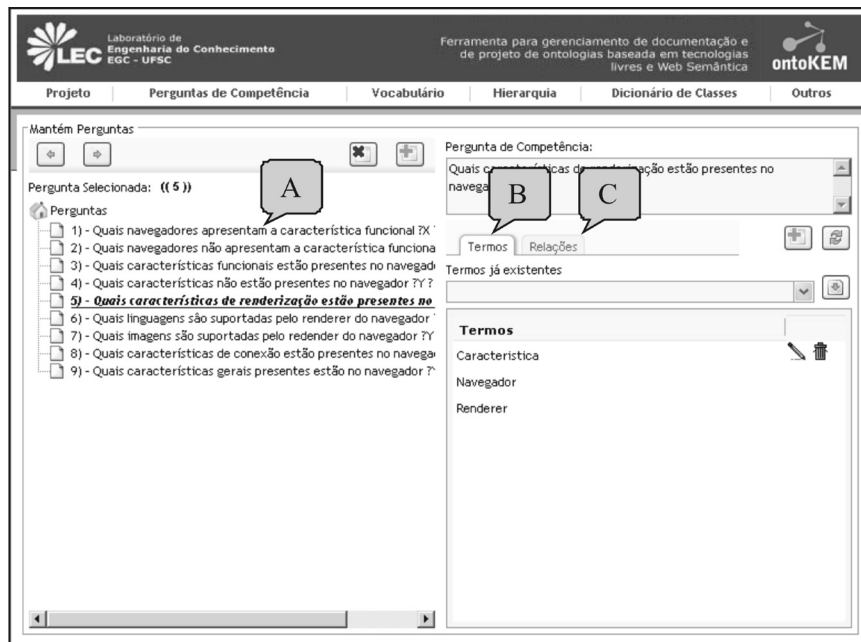
Figura 7. Ferramenta ontoKEM – tela descrição do projeto



Fonte: Autores

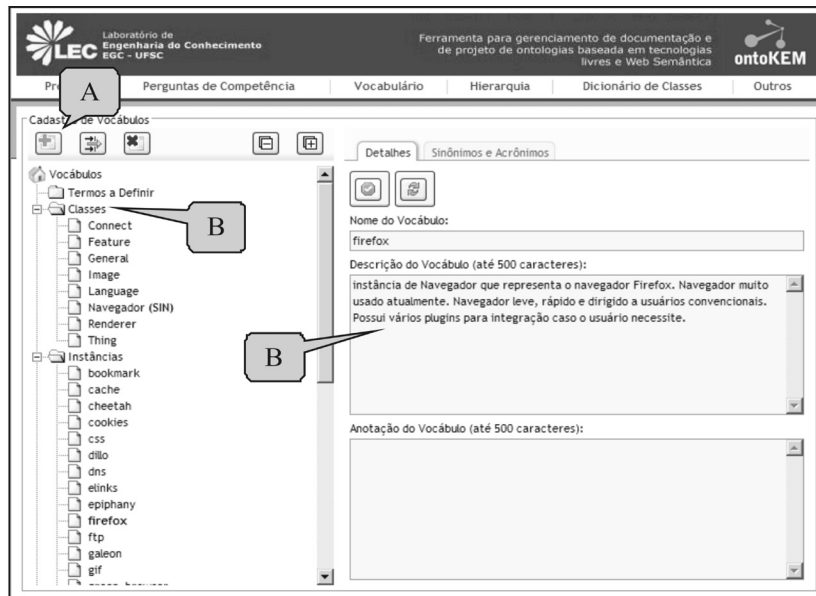
A segunda atividade da metodologia proposta é a “Aquisição do Conhecimento”. Como salientado, esta atividade é o ponto de maior interação do engenheiro do conhecimento com os especialistas de domínio em diversas tarefas, na qual se abstrai a maioria dos elementos de conhecimento da ontologia. Pela complexidade da atividade e a diversidade de tarefas a serem executadas, a seguir, são apresentadas somente as principais figuras para ilustrar a referida atividade. Assim, a figura 8 ilustra a tarefa “gerar as questões de competência”. Na figura, percebe-se que a cada questão (A) podem ser associados os seus respectivos termos (B) e relações (C), evidenciando também a tarefa “listar os termos da ontologia”.

Figura 8. Ferramenta ontoKEM – tela mantém perguntas



Fonte: Autores

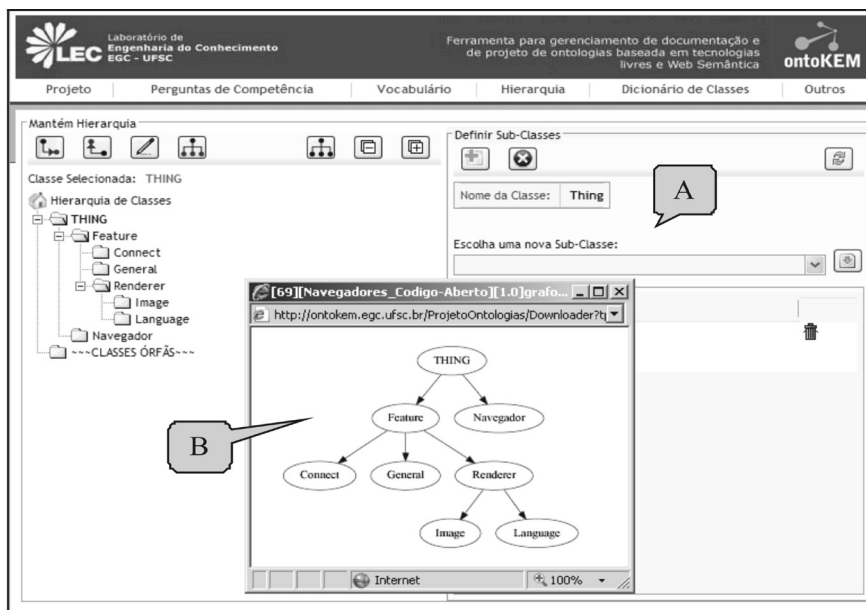
Figura 9. Ferramenta ontoKEM – cadastro de vocábulos



Fonte: Autores

Outros termos (a exemplo, os termos provenientes da tarefa “agregar elementos reutilizáveis”) podem ser inseridos na ontologia a partir da opção da ontoKEM “Cadastro de Vocábulos” (A), ilustrada na figura 9. A referida figura ilustra também a tarefa “classificar e definir os termos” (B).

Figura 10. Ferramenta ontoKEM – mantém hierarquia



Fonte: Autores

Uma vez classificados os termos e concentrando-se somente nas classes da ontologia, a próxima tarefa na aquisição do conhecimento é “definir a hierarquia de classes”. A figura 10 ilustra a opção “Mantém Hierarquia” da ontoKEM. Intuitivamente, nesta opção o engenheiro do conhecimento associa a uma determinada classe as classes descendentes (A). Vale destacar que na figura 10 também se pode perceber a opção funcional da ontoKEM “visualizar a hierarquia de classes” (B).

A partir da análise das classes também se executam as tarefas “mapear as relações às classes”, “mapear as propriedades de dados às classes”, “mapear as restrições às classes” e “mapear as instâncias às classes”. A figura 11 ilustra o

mapeamento das instâncias para uma classe denominada “Navegador”, sendo que os demais mapeamentos podem ser percebidos na seleção de outras opções (A).

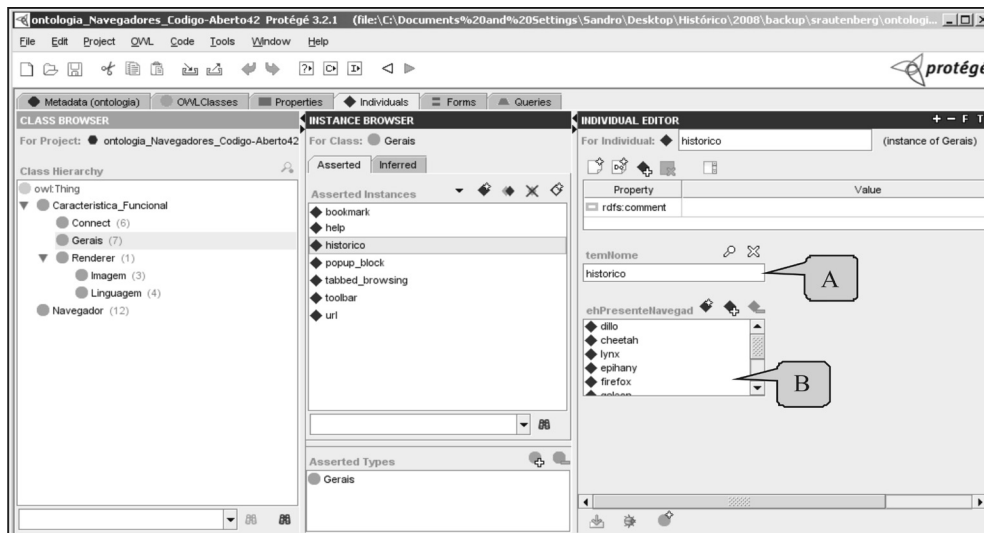
Como penúltima atividade da metodologia, propõe-se a “Implementação” da ontologia. Nesta atividade são realizadas as tarefas de valoração: das propriedades de dados das instâncias; das relações entre instâncias; e das restrições de classes. Para executar tais tarefas, segundo a metodologia, emprega-se o editor de ontologias Protégé. Ilustrando esta atividade, a figura 12 apresenta a valoração da propriedade “temNome” (A) e das relações (B) para uma instância denominada “histórico”.

Figura 11. Ferramenta ontoKEM – mantém classes



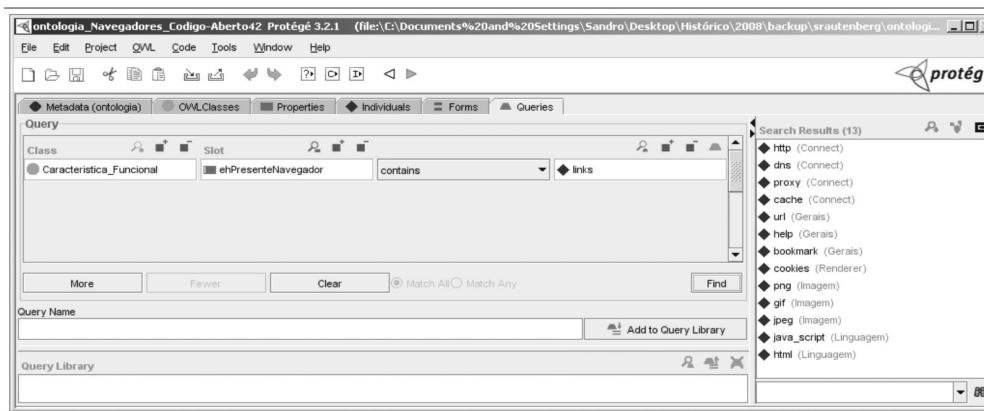
Fonte: Autores

Figura 12. Editor Protégé – valorando propriedades de dados e relações de instâncias



Fonte: Autores

Figura 13. Editor Protégé – verificação técnica da ontologia perante uma questão de competência



Fonte: Autores

A “Verificação” é a última atividade da metodologia. Como mencionado, as tarefas nesta atividade repercutem na averiguação técnica da ontologia, observando o teor dos elementos de conhecimento representados perante as fontes de conhecimento estabelecidas e confrontando a utilização da ontologia perante o propósito, escopo e questões de competência apurados na atividade “Especificação”. Outra forma de verificação a se considerar nesta atividade é a

opinião qualitativa dos usuários perante a utilização da ontologia desenvolvida. Para ilustrar a verificação da ontologia, a figura 13 apresenta a verificação técnica realizada a partir da questão de competência “Quais são as características funcionais presentes no navegador ?X ?”.

Sendo exemplificada a utilização da metodologia proposta, cabe também destacar outros trabalhos acadêmicos que se basearam nesta, como é visto a seguir.

3.4 Casos de utilização da metodologia

No sentido de enumerar os casos de utilização da metodologia proposta, além do trabalho de Quináia et al. [12], cita-se também como exemplo de aplicação, as contribuições na dissertação de mestrado de Molossi [13] intitulada “Inserção da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações no Contexto da Web Semântica: Construção e Uso de Ontologias”, a qual se apoiou nos processos metodológicos incutidos na ontoKEM.

E, como caso principal de utilização, pode-se destacar o emprego da metodologia durante o transcorrer de uma disciplina do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, sendo utilizada por 35 discentes em duas oportunidades da oferta da disciplina. Na ocasião, cada aluno desenvolveu uma pesquisa exploratória aplicando a metodologia. Em uma das oportunidades, perante os trabalhos desenvolvidos, a opinião geral dos discentes foi que a ferramenta ontoKEM é útil na ratificação de como uma ontologia representa conhecimento e que a metodologia empregada proporciona o aprendizado de como um processo de desenvolvimento de ontologias pode ser instrumentalizado [15].

4 Conclusão e trabalhos futuros

Embora já existam metodologias propostas para o desenvolvimento de ontologias, alguns pesquisadores consideram que uma combinação das melhores práticas de várias metodologias torna-se pertinente em um processo de desenvolvimento de ontologias [8, 9, 12]. Neste sentido, considerando as assertivas

dos autores supracitados, este artigo apresentou a definição de uma metodologia de desenvolvimento de ontologias, respaldada em elementos das metodologias On-to-Knowledge e METHONTOLOGY e do guia *Ontology Development 101* e na utilização das ferramentas computacionais de apoio ontoKEM e Protégé.

Com a utilização da metodologia no ensino da Engenharia de Ontologias, em duas oportunidades, e a adoção da metodologia em dois trabalhos acadêmicos, conclui-se que metodologia proposta cumpre o objetivo de desenvolver ontologias.

Por isso, também se conclui que a metodologia proposta é um exemplo de prática pertinente às assertivas de Fernandez-López e Gómez-Perez [8], Sure e Studer [9] e Brusa et al. [10].

Em decorrência deste trabalho e também das experiências advindas do emprego da metodologia proposta em outros trabalhos dos pesquisadores, alguns trabalhos futuros podem ser apontados. Primeiramente, pretende-se se valer da metodologia no trabalho de pesquisa “Modelo de Conhecimento para o Mapeamento de Instrumentos da Gestão do Conhecimento e Agentes da Engenharia do Conhecimento baseado em Ontologias” [5].

Cabe citar que a metodologia proposta influenciou a implementação da ferramenta ontoKEM. Por isso, em um segundo momento, é também de interesse dos pesquisadores evoluir a ferramenta ontoKEM no que tange a sua limitação de emprego nas atividades de implementação e avaliação de ontologias. Pretende-se disponibilizar a ferramenta para livre utilização em pesquisas aplicadas e/ou exploratórias. Entende-se que disponibilizar abertamente a ontoKEM para utilização por outros pesquisadores pode repercutir em uma importante forma de evolução da ferramenta, no sentido de novas funcionalidades e quesitos de comunicabilidade e usabilidade.

5 Referências

- [1] KIRYAKOV, A. Ontologies for Knowledge Management. In: DAVIES, J.; et al. (eds). *Semantic Web Technologies: trends and research in ontology-based systems*, p. 115-138, 2006.
- [2] GRUBER, T. A translation approach to portable ontology specification. *Knowledge Acquisition*, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.
- [3] BORST, W. N. *Construction of Engineering Ontologies*. Tese, University of Twente – Centre for Telematica and Information Technology, Enschede, Nederland, 1997.
- [4] GASEVIC, D.; DJURIC, D.; DEVEDZIC, V. *Model Driven Architecture and Ontology Development*. Springer, 2006.
- [5] RAUTENBERG, S. Modelo de Conhecimento para o Mapeamento de Instrumentos da Gestão do Conhecimento e de Agentes Computacionais da Engenharia do Conhecimento baseado em ontologias. 2009. Exame de Qualificação (doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, UFSC, Florianópolis.
- [6] IEEE. IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes. IEEE Computer Society. New York. IEEE std 1074-1995, 1995.
- [7] CORCHO, O.; FERNÁNDEZ-LOPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? *Data & Knowledge Engineering*, v. 46, n. 1, p. 41-64, 2003.
- [8] FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Overview and analysis of methodologies for building ontologies. *The Knowledge Engineering Review*, v. 17, n. 2, p. 129-156, 2002.
- [9] SURE, Y.; STUDER, R. A Methodology for Ontology-based Knowledge Management. In: DAVIES, John; et al (eds). *Towards The Semantic Web: Ontology-Driven Knowledge Management*. John Wiley & Sons, p. 33-46, 2003.
- [10] BRUSA, G.; CALIUSKO, M. L.; CHIOTTI, O. Towards ontological engineering: a process for building a domain ontology from scratch in public administration. *Expert Systems*, v. 25, n., 5, p. 484-503, 2008.

- [11] GÓMEZ-PÉREZ, A.; CORCHO, O.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. *Ontologic Engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web*. Springer-Verlag, 2004.
- [12] NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Disponível em <http://www.wksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.pdf>. Acessado em 02/04/2008 17:00.
- [13] QUINÁIA, M. A.; SCHNEIDERS, A.; RAUTENBERG, S.; TODESCO, J. L.; STADZISZ, P. C. Uma Ontologia de Domínio para Navegadores Web. In: Congresso de Tecnologias para Gestão de Dados e Metadados do Cone Sul, VI, 2008, Curitiba. Anais do VI Congresso de Tecnologias para Gestão de Dados e Metadados do Cone Sul (VI CONGED), 2008.
- [14] MOLOSSI, S. *Inserção da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações no Contexto da Web Semântica: Construção e Uso de Ontologias*. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- [15] RAUTENBERG, S.; GAUTHIER, F. A. O.; LOTTIN, P.; DUARTE, C. E. J.; TODESCO, J. L. ontoKEM: uma ferramenta para construção e documentação de ontologias. In: Seminário de Pesquisa em Ontologia no Brasil, Niterói, Brasil, Agosto, 2008. Anais do 1º Seminário de Pesquisa em Ontologia no Brasil, 2008.
- [16] PINTO, H. S.; MARTINS, J. P. Ontologies: how can they be built? *Knowledge and Information Systems*, v. 6, n. 4, p. 441-464, 2004.
- [17] YE, J.; COYLE, L.; DOBSON, S.; NIXON, P. Ontology-based models in pervasive computing systems. *The Knowledge Engineering Review*, v. 22, n. 4, p. 315-347, 2007.
- [18] FENSEL, D.; HERMELEN, F. van. On-To-Knowledge: Content-Driven Knowledge Management Tools through Evolving Ontologies. Disponível em: <http://www.ontoknowledge.org/downl/del33.pdf>. Acessado em 02/04/2008 17:00.
- [19] SCHREIBER, G.; et al. *Knowledge engineering and management: the commonKADS methodology*. MIT Press, 435 p, 2002.
- [20] PROTÉGÉ. The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System.