

Processo de desenvolvimento de ontologias: uma proposta e uma ferramenta

Sandro Rautenberg

Departamento de Ciência da Computação - Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO)
srautenberg@unicentro.br

José L. Todesco

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

Fernando A. O. Gauthier

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

Resumo

Ontologias são um importante meio de representar, formalizar e compartilhar conhecimento. No contexto da Engenharia de Ontologias, várias metodologias para desenvolver ontologias são propostas, cada qual com suas características e potencialidades em relação ao ciclo de vida de ontologias. Por falta de um consenso, prega-se na literatura que uma combinação das melhores práticas metodológicas torna-se pertinente para atender a todo processo de ontologia. Mediante o estudo de algumas metodologias é abstraído um conjunto de elementos para o projeto de ontologias, atendendo às características de expressividade e funcionalidade destes elementos. Como resultado do estudo tem-se a definição de um processo para o desenvolvimento de ontologias, o qual prima pelas atividades de especificação, conceitualização, formalização, implementação e validação de ontologias e a utilização de ambientes computacionais. Validou-se o processo proposto perante a sua utilização em pesquisas exploratórias de projetos de ontologias e a implementação de uma ferramenta computacional de apoio, a ontoKEM.

Palavras-chave: Processo para desenvolvimento de ontologias. Projeto de ontologias. Engenharia de Ontologias. Ontologias. OntoKEM.

Abstract

Ontologies are an important artifact to represent, formalize and share knowledge. In the Ontological Engineering context, several methodologies for developing ontologies are proposed, each one with its own features and capabilities taking into account the ontology's life cycle. For lack of a consensus, the specialized literature reveals that a combination of methodological best practices becomes relevant to consider the whole ontology's process. Through the study of some methodologies is established a set of elements to carry the ontology's design purpose, considering the expression and functionality characteristics of these elements. As the research's result is defined an ontology development process, which encompass the specification, conceptualization, formalization, implementation, validation activities, combining the use of computing environments. The proposed ontology development process is validated by their use in exploratory research of ontology's projects and the implementation of a computational-aided tool, the ontoKEM.

Keywords: Ontology development process. Ontology's project. Ontological Engineering. Ontologies; OntoKEM.

1 Introdução

Ontologia é um termo que tem diferentes definições nas disciplinas da Filosofia e da Ciência da Computação (KIRYAKOV, 2006). 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 do conhecimento, sendo que sua primeira definição mais popular é atribuída a Gruber (1993), o qual define uma ontologia como “uma especificação explícita de uma conceitualização”. Corroborando, Borst (1997) estendeu esta definição, atribuindo a perspectiva de colaboração, redefinindo que “uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”.

Recentemente, ontologias são utilizadas no âmbito 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 (GASEVIC et al, 2006).

Inserido no contexto da Engenharia e da Gestão do Conhecimento, o trabalho retratado neste artigo visa a composição de um processo de desenvolvimento de ontologias, tomando as seguintes assertivas:

- i) várias metodologias foram propostas para ontologias (CORCHO et al., 2003);

- ii) cada metodologia se preocupa mais com determinadas atividades no processo de ontologias em detrimento de outras, oferecendo uma gama de artefatos metodológicos às atividades privilegiadas em um processo de desenvolvimento de ontologias (FERNANDEZ-LÓPEZ e GÓMEZ-PÉREZ, 2002); e
- iii) uma combinação de metodologias se torna pertinente em um processo de desenvolvimento de ontologias, se valendo das vantagens e dos artefatos de cada uma das metodologias combinadas (FERNANDEZ-LÓPEZ e GÓMEZ-PÉREZ, 2002; SURE e STUDER, 2003; BRUSA et al, 2008).

De acordo com as assertivas supracitadas e diante uma revisão bibliográfica de algumas metodologias de desenvolvimento de ontologias, tem-se como resultado a determinação de um processo de desenvolvimento de ontologias baseado em um conjunto de artefatos das metodologias On-to-Knowledge (SURE e STUDER, 2003) e METHONTOLOGY (GÓMEZ-PÉREZ et al, 2004) e do guia *Ontology Development 101* (NOY e MCGUINNESS, 2008). Tal processo prima pelas atividades de especificação, conceitualização, formalização, implementação e avaliação de ontologias e se apoia na utilização de dois ambientes computacionais, a ferramenta ontoKEM e o editor de ontologias Protégé.

Como ferramenta, a ontoKEM é uma ferramenta *case* baseada na *web* para projetos de ontologias utilizada nas atividades de especificação, conceitualização e formalização. Salienta-se que o desenvolvimento da ontoKEM também é parte dos resultados desta pesquisa e tem como vantagem em relação a outros ambientes, a geração automática de vários artefatos customizados em forma de relatórios para documentar projetos de ontologias. Já o editor de ontologias Protégé corrobora o processo de desenvolvimento, oferecendo vários recursos úteis para as atividades de implementação e avaliação de ontologias.

Para expressar a definição do processo de desenvolvimento de ontologias, além desta seção introdutória, este artigo compreende uma fundamentação teórica, onde são abordadas as atividades principais em um ciclo de vida de ontologias e algumas metodologias para o desenvolvimento de ontologias; a discussão do processo de desenvolvimento proposto; e a ferramenta ontoKEM por se tratar também de um resultado desta pesquisa. Por fim, são apresentadas a conclusão e a sugestão de trabalho futuro.

2 Fundamentação teórica

Segundo Gasevic et al (2006), para o desenvolvimento de ontologias é necessário 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 sentido, 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 (GÓMEZ-PÉREZ et al., 2004).

Segundo Pinto e Martins (2004) e Ye et al (2007), a terminologia de Engenharia de Ontologias é baseada na Engenharia de Software. Por conseguinte, no processo de desenvolvimento 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 a questão “por que a ontologia é construída?”, enquanto o escopo responde a 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 o emprego de 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 estruturais, tais como “é-um” ou “parte-de”.
- **Implementação:** implementar a ontologia formalizada em uma linguagem de representação do conhecimento. Para isso, um pré-requisito é a escolha da linguagem de representação adequada.
- **Manutenção:** atualizar e corrigir a ontologia desenvolvida, de acordo com o surgimento de novos requisitos.

Além disso, Pinto e Martins (2004) também pontuam outras atividades 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 tarefas envolvidas:
 - verificação, a qual garante a correção da ontologia de acordo com o entendimento aceito sobre o domínio em fontes de conhecimento especializadas; e

- 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 importante, não somente para melhorar a clareza da ontologia, mas também para facilitar a manutenção, uso e reuso.

Ressalta-se que o conjunto de atividades anteriormente enumeradas pode não ser contemplado totalmente em uma metodologia para desenvolvimento de ontologias. Para Corcho et al (2003), existem metodologias que são empregadas em tarefas específicas na Engenharia de Ontologias. Corroborando, para Fernandez-López e Gómez-Pérez (2002) em cada metodologia proposta existem atividades que deixam de estar compreendidas. Por isso, segundo os autores e para Sure e Studer (2003) e Brusa et al (2008), uma combinação de metodologias se torna pertinente no processo de desenvolvimento de ontologias. Partindo-se deste princípio, a seguir são descritas resumidamente as metodologias utilizadas como subsídios para a composição do processo proposto neste trabalho.

2.1 Ontology development 101

Segundo Noy e McGuinness (2008), não existe um modo correto ou metodologia de desenvolvimento de ontologias. Por isso, os autores sugerem apenas um processo para tal, denominado *Ontology Development 101*. Este processo consiste em um guia de passos iterativos executados livremente 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:

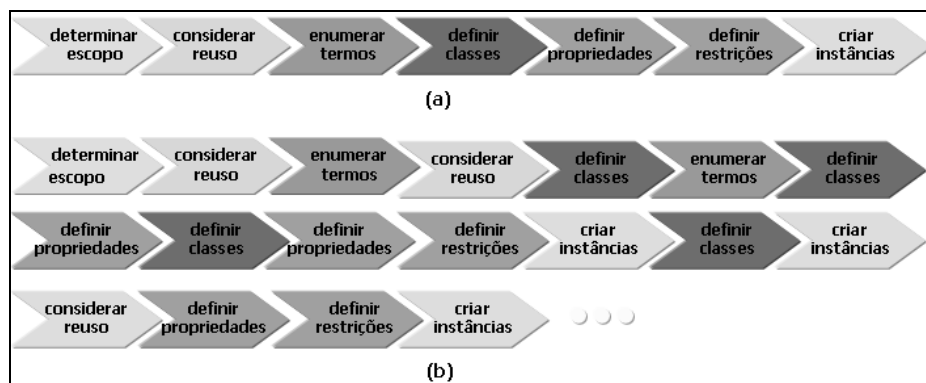


Figura 1: Processo de desenvolvimento pelo guia *Ontology Development 101* (baseado em NOY e MCGUINNESS, 2008)

1. **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.
2. **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.
3. **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.
4. **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 definidas, deve-se organizar as classes de forma hierárquica, considerando um nível de abstração mais geral em direção as classes específicas.
5. **Definir as propriedades das classes:** a partir da lista remanescente de termos, observa-se se eles correspondem a propriedades de dados ou de relações de classe, de uma determinada classe.
6. **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.

7. **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 com uma visão clara de como se dá interatividade no desenvolvimento de ontologias. Por isso, boa parte de seus passos são adotados no processo proposto, como pode ser observado na seção 3 – O Processo Proposto para Desenvolvimento de Ontologias.

2.2 On-to-knowledge

On-to-Knowledge é uma metodologia de desenvolvimento de ontologias fruto da cooperação de várias entidades européias (FENSEL e HERMELEN, 2008), 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 (SURE e STUDER, 2003), sendo elas:

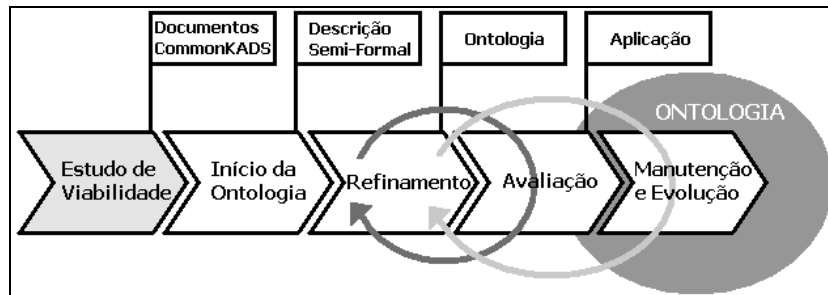


Figura 2: Processo de desenvolvimento da metodologia On-to-Knowledge (adaptado de SURE e STUDER, 2003)

1. **Estudo de viabilidade:** é uma fase anterior ao desenvolvimento de ontologias. Amparada pela metodologia de Engenharia do Conhecimento CommonKADS (SCHREIBER et al., 2002), o estudo de viabilidade destina-se a identificar problemas e oportunidades de uma organização, objetivando mapear a real necessidade do desenvolvimento de uma ontologia.
2. **Início da ontologia:** na metodologia, o desenvolvimento de uma ontologia inicia 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.
3. **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, 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 em direção de uma versão estável.
4. **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”.
5. **Manutenção e Evolução:** esta é uma fase de responsabilidade da organização. 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 o presente trabalho é sua preocupação com as fases iniciais do estudo de viabilidade e início da ontologia. Neste sentido, corroborando 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 (GÓMEZ-PÉREZ et al, 2004). 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.

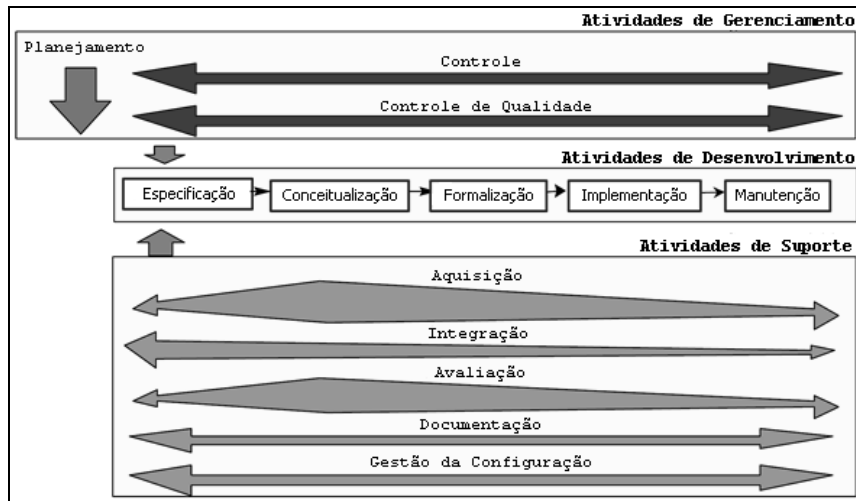


Figura 3: Processo de desenvolvimento e ciclo de vida da METHONTOLOGY (adaptado de GÓMEZ-PÉREZ et al., 2004)

Considerando as demais metodologias de desenvolvimento de ontologias, a característica principal da METHONTOLOGY é a utilização de um rico conjunto de artefatos de documentação, dos quais o processo proposto se vale. A próxima seção apresenta a proposta do processo de desenvolvimento de ontologias.

3 O processo proposto de desenvolvimento de ontologias

Segundo Gómez-Pérez et al (2004) um processo de desenvolvimento de ontologias refere-se ao conjunto de atividades que são executadas quando se constrói ontologias, sendo que cada atividade é constituída por tarefas como a menor unidade passível de ser gerenciada (IEEE, 1995).

Para propor um processo de desenvolvimento de ontologias parte-se de duas premissas:

1. A não existência um modo correto ou metodologia de desenvolvimento de ontologias, o que para Noy e McGuinness (2008) justifica a concepção de um processo de desenvolvimento.
2. Uma combinação das melhores práticas metodológicas é pertinente em um processo de desenvolvimento de ontologias (FERNANDEZ-LÓPEZ e GÓMEZ-PÉREZ, 2002; SURE e STUDER, 2003; BRUSA et al, 2008).

Considerando as premissas, o processo proposto combina as melhores práticas das metodologias On-to-Knowledge e METHONTOLOGY e do guia *Ontology Development 101*, onde:

- **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 contribuição permite identificar antecipadamente, conceitos, propriedades, relações e instâncias.
- **METHONTOLOGY:** contribui com alguns artefatos de documentação e na atividade de avaliação de ontologias.

Diante disso, o processo proposto se baseia em cinco grandes atividades com suas respectivas tarefas, como segue:

1. **Especificação:** nesta atividade tende-se a discernir a respeito dos custos do desenvolvimento da ontologia, onde pretende-se:
 - a. **identificar o escopo da ontologia:** responder “quem são os usuários”, “quais são as intenções de uso”, entre outras.
 - b. **identificar o propósito da ontologia:** identificar por que a ontologia deve ser construída, entre outros.
 - c. **identificar as fontes de conhecimento:** procurar por livros, artigos, entre outras fontes, das quais pode-se abstrair o entendimento dos conceitos presentes na ontologia.
 - d. **considerar o reuso de ontologias:** verificar a existência de ontologias correlacionadas, das quais pode-se aproveitar conceitos já estabelecidos.
 - e. **gerar as questões de competência:** entrevistar especialistas de domínio na perspectiva que estes elaborem questões que a ontologia deva responder e que relacionem os termos, jargões e relacionamentos presentes no domínio.
2. **Conceitualização:** é a atividade que visa descrever um modelo conceitual da ontologia a ser construída, de acordo com as especificações encontradas no estágio anterior. Tem como tarefas:

- a. **listar os termos da ontologia:** a partir das fontes de conhecimento e das questões de competência, pode-se enumerar os termos comumente utilizados pelos especialistas de domínio.
 - b. **agregar os elementos reutilizáveis:** das ontologias que tem aderência à ontologia em desenvolvimento, pode-se capturar novos elementos ou a definição de elementos já estabelecidos.
 - c. **classificar os termos:** com a lista de termos disponível, é possível classificar os elementos de acordo com a compreensão que se tem do domínio. Neste sentido, termos são classificados como classe, relação, propriedade de dados, instância e restrição.
 - d. **definir os termos:** para cada termo presente na ontologia é necessário explicitar o seu significado para com o domínio em questão.
3. **Formalização:** é a atividade que visa transformar o modelo conceitual em um modelo formal, passível de ser implementado computacionalmente. As tarefas desta atividade são:
- a. **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.
 - b. **mapear as relações às classes:** para cada classe agregam-se os termos tidos como “relação” e que associam explicitamente o relacionamento da classe em questão para com as demais classes do domínio.
 - c. **mapear as propriedades de dados às classes:** para cada classe agregam-se os termos tidos como “propriedade de dados” e que pertencem explicitamente como dimensão da classe em questão.
 - d. **mapear as restrições às classes:** para cada classe verificar a existência de regras que possam restringir o conteúdo de suas propriedades de dados ou relações.
 - e. **mapear as instâncias às classes:** para cada classe associar os termos tidos como “instâncias”, que caracterizam-se como exemplos concretos da classe em questão.
 - f. **refinar as relações das classe:** para cada relação, definir as classes a serem apontadas pela relação em questão. Nesta tarefa também é necessário atrelar as características da relação (funcional, inversa funcional, transitiva e simétrica).
 - g. **refinar as propriedades de dados das classes:** para cada propriedade de dados, definir qual o tipo de dados a ser armazenado (string, número ou booleano) e definir se esta é funcional.
4. **Implementação:** é uma atividade de menor interação com especialistas de domínio, sendo reservada às tarefas de:
- a. **valorar as propriedades de dados:** para cada instância da ontologia é preciso atribuir o valor de suas propriedades internas.
 - b. **valorar as relações:** para cada instância da ontologia deve-se valorar as relações das instâncias para com outras instâncias da ontologia; e
 - c. **valorar as restrições das classes:** para cada classe deve-se valorar as restrições presentes no domínio quanto aos valores possíveis para as suas propriedades de dados e para as suas relações admitidas com as classes da ontologia.
5. **Avaliação:** trata-se de uma atividade onde se retoma maior interação com especialistas de domínio e também com os usuários da ontologia, com a finalidade de avaliar a ontologia. Realizam-se as tarefas:
- a. **avaliar 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 na ontologia;
 - b. **avaliar 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; e
 - c. **avaliar perante a visão do usuário:** a avaliação da ontologia juntamente com os especialistas de domínio e usuários envolvidos para certificar a usabilidade e utilidade da ontologia.



Figura 4: Representação do processo proposto e suas ferramentas.

A Figura 4 ilustra o processo proposto, juntamente com as ferramentas a serem utilizadas a cada atividade. Desta maneira, prospecta-se a utilização da ferramenta ontoKEM e do editor de ontologias Protégé.

A ferramenta ontoKEM é uma ferramenta para especificação, conceitualização, formalização e documentação de ontologias. A principal vantagem e justificativa da utilização desta ferramenta é a geração automática de artefatos customizados para documentar projetos de ontologias. Ademais, cabe ressaltar que os documentos gerados pela ontoKEM são subsídios pertinentes para a atividade de avaliação de ontologias.

Já o editor de ontologias Protégé é uma plataforma livre de código-aberto que provê um conjunto de ferramentas para construir modelos de domínio e aplicações baseadas em conhecimento com ontologias (PROTÉGÉ, 2009). Quanto ao processo proposto, o Protégé implementa vários recursos úteis para as atividades de implementação e avaliação de ontologias.

Como a ontoKEM é considerada parte dos resultados desta pesquisa, a próxima seção apresenta esta ferramenta com maior propriedade.

4 A ferramenta ontoKEM

Ilustrada na Figura 5, a OntoKEM¹ é uma ferramenta *case* baseada na *web* de propósito acadêmico que auxilia o desenvolvimento de ontologias. A característica principal da ferramenta para com a Engenharia de Ontologias é sistematização das atividades de especificação, conceitualização e formalização dos elementos de uma ontologia, gerando automaticamente artefatos de documentação.

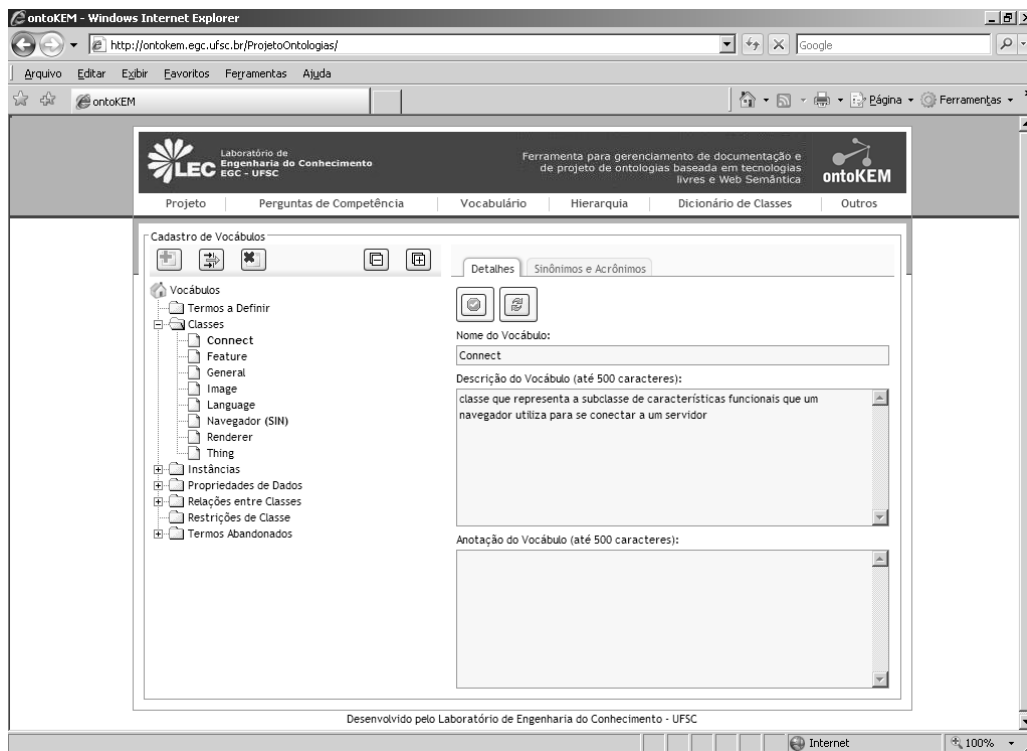


Figura 5: Tela do ontoKEM – módulo cadastro de vocábulos.

Aqui, vale ressaltar algumas assertivas de Almeida (2006), Pinto e Martins (2004) e Rezgui (2007), as quais caracterizam a ontoKEM como ferramenta pertinente em um processo de desenvolvimento de ontologias.

Segundo Almeida (2006), não há um consenso no processo de documentação de ontologias. Porém, para o autor, a obtenção de documentos de cada fase do ciclo de vida da ontologia é pertinente. Isso corrobora a visão de Pinto e Martins (2004), os quais afirmam que a documentação de uma ontologia é relevante, não somente para melhorar a clareza desta, mas também para facilitar nas atividades de manutenção, uso e reuso. Como já mencionado, a ontoKEM gera documentos customizados que são subsídios importantes à atividade de avaliação de ontologias. Outra característica pertinente da documentação gerada pela ferramenta é o auxílio na comunicação entre engenheiros do conhecimento e especialistas de domínio durante as atividades privilegiadas pela ontoKEM.

¹ O desenvolvimento da ontoKEM é realizado e coordenado por membros do LEC/EGC/UFSC. Participa da equipe um pesquisador do Laboratório de Inteligência Computacional e Pesquisa Operacional (UNICENTRO). A utilização da ferramenta tem como objeto a pesquisa aplicada/exploratória. Demais informações são acessadas em <http://ontokem.egc.ufsc.br>.

Rezgui (2007), por sua vez, aponta outras características pertinentes às ferramentas de apoio a construção de ontologias, dentre as quais a construção de ontologias geralmente deve envolver os usuários finais e o emprego de ambientes colaborativos e multiusuários, tal qual o propósito inicial da ontoKEM como discutido a seguir.

A concepção da ontoKEM se deu no início de 2007, pela necessidade de garantir eficiência no processo de desenvolvimento de ontologias em um projeto de pesquisa e desenvolvimento denominado “Gestão da Rede de Distribuição de Média Tensão Empregando Ontologias de Domínio e Sistemas de Conhecimento – Programa de Pesquisa e Desenvolvimento CELESC Ciclo 2005-2006”.

Neste projeto, de forma colaborativa, a ontoKEM suportou a primeira fase dos trabalhos dos especialistas de domínio do setor elétrico e dos engenheiros do conhecimento envolvidos na construção da ontologia, mais precisamente, nas atividades de especificação, conceitualização e formalização do conhecimento (RAUTENBERG et al., 2008). Os aspectos da ontoKEM que colaboraram positivamente nos trabalhos foram: i) a documentação como apoio à comunicação entre os participantes do projeto; ii) e a possibilidade do trabalho remoto, onde os especialistas de domínio e os engenheiros do conhecimento editavam o projeto da ontologia colaborativamente antes e durante as reuniões de trabalho.

Com base nas experiências geradas e nos avanços da implementação da ferramenta, a ontoKEM passou a ser empregada como suporte ao ensino de um processo de desenvolvimento de ontologias em uma disciplina de Tópicos Especiais em Engenharia do Conhecimento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina.

Nas experiências do emprego da ferramenta, cabe reafirmar que as características da ontoKEM residem no processo incutido de desenvolvimento de projetos de ontologias e, principalmente em relação a outros ambientes, na gama de artefatos de documentação gerados automaticamente a cada atividade privilegiada. A Figura 6 ilustra os artefatos customizados gerados pela ontoKEM, os quais servem para documentar projetos de ontologias, sendo estes:

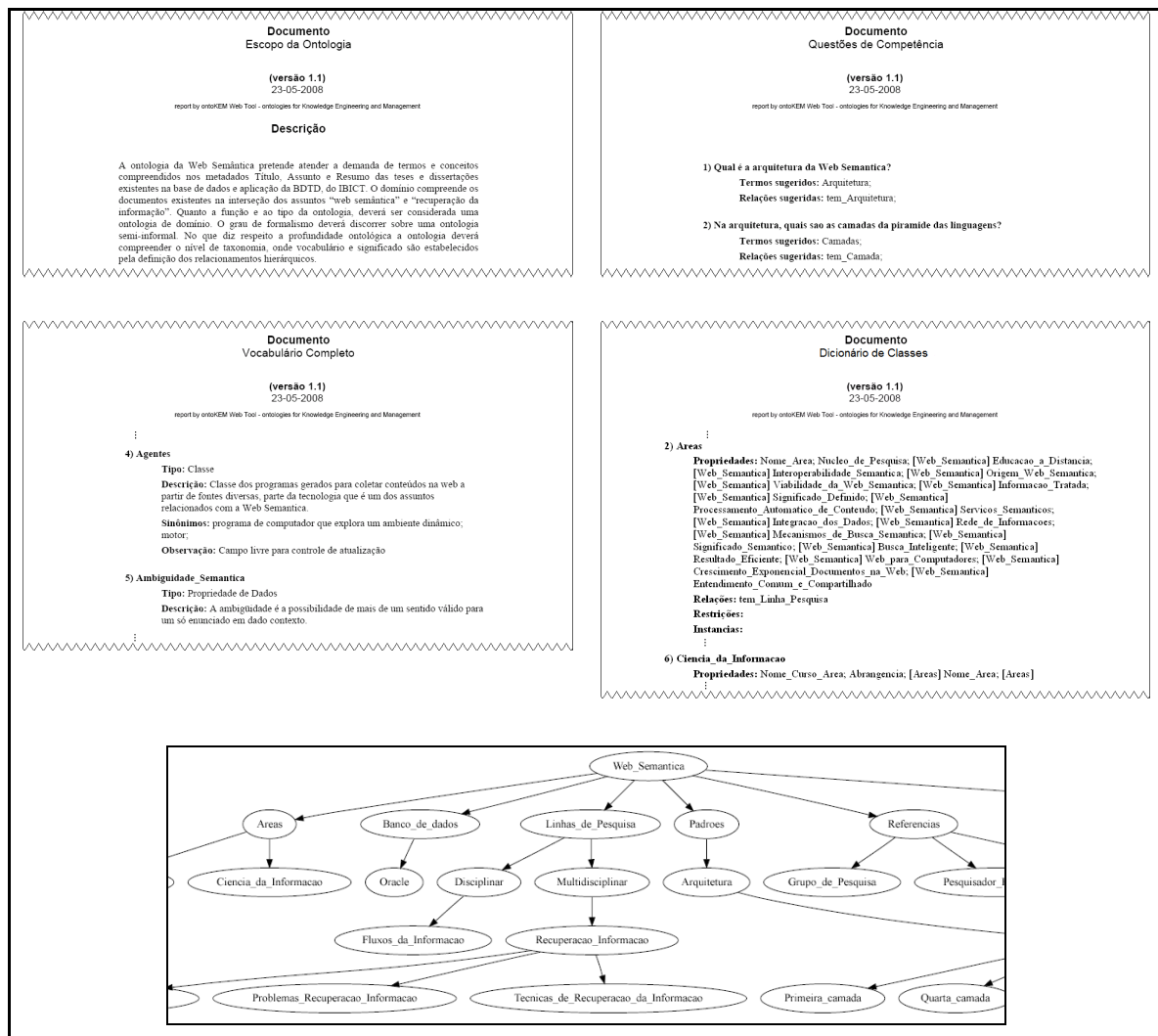


Figura 6: Exemplos de artefatos de documentação gerados automaticamente pela ontoKEM (adaptado de MOLOSSI, 2008)

- **Escopo da Ontologia:** o intuito na disponibilização deste artefato é registrar respostas às questões sobre a abrangência do domínio e utilidade da ontologia.
- **Questões de Competência:** a definição das questões de competência é um modo simples e direto para confirmar o escopo de uma ontologia, permitindo identificar, antecipadamente, conceitos, propriedades, relações e instâncias. Para amparar este processo, a ontoKEM disponibiliza o artefato de documentação “Questões de Competência”, o qual enumera as questões de competência da ontologia, listando seus respectivos termos e relações.
- **Vocabulário Completo:** ontologias se constituem a partir do consenso sobre a representação de um domínio. Para corroborar o consenso, a ontoKEM provê o artefato de documentação “Vocabulário Completo”. Neste documento todos os elementos do domínio são classificados como classes, relações, propriedade de dados, instâncias e restrições; e tem sua definição apresentada. Tal documento pode transitar entre engenheiros do conhecimento e especialistas de domínio, auxiliando no refinamento consensual das definições. Salienta-se que este documento pode ser particularizado, para enumerar somente classes, ou relações, ou propriedades de dados, ou restrições, ou instâncias, mediante opções disponibilizadas na ferramenta.
- **Hierarquia de Classes:** uma vez definidas as classes, segundo as metodologias de desenvolvimento de ontologias, é possível definir a hierarquia de classes. Para esta atividade, a ontoKEM gera dois artefatos, o “Gráfico da Hierarquia de Classes” e de forma descritiva o documento “Hierarquia de Classes”.
- **Dicionário de Classes:** outro artefato de documentação importante gerado pela ontoKEM é o “Dicionário de Classes”. No processo proposto, este artefato é o resultado do mapeamento das relações, propriedades de classe, restrições e instâncias para cada classe da ontologia.

```

<?xml version="1.0" ?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" xmlns="http://compsem.egc.ufsc.br/ontologia#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#" xml:base="http://compsem.egc.ufsc.br/ontologia">
  <owl:Ontology rdf:about="" />
  <owl:Class rdf:ID="Linguagem">
    <rdfs:comment xml:lang="pt">DEFINIÇÃO: classe que representa as possíveis linguagens de serem interpretadas durante o
    processo de renderização no navegador</rdfs:comment>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Renderer" />
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Gerais">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Caracteristica_Funcional" />
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:comment xml:lang="pt">DEFINIÇÃO: classe que representa a subclasse de características funcionais mais gerais de um
  navegador</rdfs:comment>
</owl:Class>
  :
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#cheetah" />
  <temNome rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">historico</temNome>
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#lynx" />
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#epihany" />
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#firefox" />
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#galeon" />
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#elinks" />
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#shogun" />
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#green_browser" />
  <ehPresenteNavegador rdf:resource="#w3m" />
</Gerais>
</rdf:RDF>

```

Figura 7: Fragmento de código OWL de uma ontologia gerado pelo ontoKEM.

De antemão faz-se o registro de uma limitação da ontoKEM para com todo o processo de desenvolvimento de ontologias, sendo 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 em formato owl do projeto de ontologias. Tal arquivo, por exemplo, pode ser importado no editor de ontologias Protégé para prosseguimento das atividades restantes no ciclo de vida da ontologia. A Figura 7 exemplifica parte de um arquivo em formato owl gerado pela ferramenta, o qual se torna o meio de exportação.

5 Exemplos de aplicação do processo proposto

Como forma de aplicação integral do processo pode-se destacar o trabalho de Quináia et al (2008), os quais desenvolveram uma ontologia de domínio para navegadores *web*. Todos os artefatos gerados neste trabalho são encontrados no sítio <http://ontokem.egc.ufsc.br/ontologiaNavegadoresWeb/index.html>.

Cita-se também como exemplo de aplicação do processo, as contribuições na dissertação de mestrado de Molossi (2008) intitulada “Inserção da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações no Contexto da Web Semântica: Construção e Uso de Ontologias”.

Por fim, como já mencionado na seção anterior, o processo proposto também foi empregado durante o transcorrer de uma disciplina do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, sendo utilizado por 35 discentes. Na ocasião, cada aluno desenvolveu uma pesquisa exploratória, aplicando o processo proposto. Pontualmente, perante os trabalhos desenvolvidos, a opinião geral dos discentes foi que a ferramenta ontoKEM é útil na ratificação de como uma ontologia representa conhecimento, ocorrendo também o aprendizado de como um processo de desenvolvimento de ontologias é instrumentalizado.

5 Conclusão e trabalhos futuros

O presente artigo apresentou o estabelecimento de um processo de desenvolvimento de ontologias respaldado em artefatos das metodologias On-to-Knowledge e METHONTOLOGY e do guia *Ontology Development 101*. Neste sentido, o guia *Ontology Development 101* contribui com seu processo iterativo de sete passos (determinar o escopo da ontologia, considerar o reuso, listar termos, definir classes, definir propriedades, definir restrições e criar instâncias). A metodologia On-to-Knowledge contribui ao processo proposto com a implantação das questões de competência como modo simples e direto de determinação do escopo de uma ontologia, auxiliando na identificação de conceitos, propriedades, relações e instâncias. Já a metodologia METHONTOLOGY contribui com sua rica gama de artefatos de documentação. Cabe ressaltar que todas as contribuições citadas também corroboraram a implementação da ferramenta ontoKEM.

Com a utilização do processo de desenvolvimento de ontologias no ensino de preceitos da Engenharia de Ontologias e a adoção do processo em dois trabalhos acadêmicos, conclui-se que o processo proposto cumpre satisfatoriamente o objetivo de desenvolver ontologias.

Perante isso, também se conclui que o processo proposto é um exemplo de prática pertinente das assertivas de Fernandez-López e Gómez-Perez (2002), Sure e Studer (2003) e Brusa et al. (2008), os quais citam que uma combinação das melhores práticas metodológicas é pertinente em um processo de desenvolvimento de ontologias.

Em decorrência das experiências advindas do emprego do processo proposto são prospectados alguns trabalhos futuros. Desta maneira, primeiramente, pretende-se aplicar e refinar o processo proposto em pesquisas futuras.

E 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. Com a disponibilização e massificação da utilização da ferramenta, os pesquisadores entendem que sugestões no sentido de novas funcionalidades e da comunicabilidade e usabilidade podem ser consideradas na evolução da ontoKEM. Assim, acredita-se que disponibilizar abertamente a ontoKEM para utilização por parte de outras instituições de ensino e de pesquisa pode ser uma importante forma de colaboração.

Referências

- ALMEIDA, M. B. *Um modelo baseado em ontologias para representação da memória organizacional*. 2006. f. 345 p. Tese (Doutorado em Ciência da Informação). Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2006.
- BORST, W. N. *Construction of Engineering Ontologies*. 1997. Thesis (Ph. D.) University of Twente – Centre for Telematica and Information Technology, Enschede, Nederland, 1997.
- BRUSA, G. et al. Towards ontological engineering: a process for building a domain ontology from scratch in public administration. *Expert Systems*, Malden, v. 25, n. 5, p. 484-503, 2008.
- CORCHO, O. et al. Methodologies, tools and languages for building ontologies: where is their meeting point? *Data & Knowledge Engineering*, Amsterdam, v. 46, n. 1, p. 41-64, 2003.
- FENSEL, D.; HERMELEN, F. van. *On-To-Knowledge: content-driven knowledge management tools through evolving ontologies*. Disponível em: <<http://www.ontoknowledge.org/down/del33.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2008.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Overview and analysis of methodologies for building ontologies. *The Knowledge Engineering Review*, Cambridge, v. 17, n. 2, p. 129-156, 2002.
- GASEVIC, D. et al. *Model driven architecture and ontology development*. Berlin: Springer, 2006. 312 p.
- GÓMEZ-PÉREZ, A. et al. *Ontologic Engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web*. London: Springer-Verlag, 2004.

- GRUBER, T. A translation approach to portable ontology specification. *Knowledge Acquisition*, Amsterdam, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.
- IEEE. IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes. *IEEE Computer Society*. IEEE Standard 1074-1995, 110p. New York. 1995.
- KIRYAKOV, A. Ontologies for knowledge management. In: DAVIES, J. et al. (Ed.). *Semantic Web Technologies: trends and research in ontology-based systems*. Chichester: John & Wiley, 2006. p. 115-138.
- MOLOSSI, S. *Inserção da biblioteca digital de teses e dissertações no contexto da web semântica: construção e uso de ontologias*. 2008. 214 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- 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>>. Acesso em: 2 abr. 2008.
- PINTO, H. S.; MARTINS, J. P. Ontologies: how can they be built? *Knowledge and Information Systems*, London, v. 6, n. 4, p. 441-464, 2004.
- PROTÉGÉ. The Protégé ontology editor and knowledge acquisition system. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu>>. Acesso em :16 jan. 2009.
- QUINÁIA, M. A. et al. Uma ontologia de domínio para navegadores web. In: CONGRESSO DE TECNOLOGIAS PARA GESTÃO DE DADOS E METADADOS DO CONE SUL, 6., 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR, 2008. CD-ROM.
- RAUTENBERG, S. et al. ontoKEM: uma ferramenta para construção e documentação de ontologias. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ONTOLOGIA NO BRASIL, 1., 2008, Niterói. *Anais...* Niterói, 2008. CD-ROM.
- SCHREIBER, G. et al. *Knowledge engineering and management: the commonKADS methodology*. Cambridge: MIT Press, 2002.
- SURE, Y.; STUDER, R. A Methodology for ontology-based knowledge management. In: DAVIES, J. et al (Ed.). *Towards the semantic web: ontology-driven knowledge management*. Chichester: John & Wiley 2003. p. 33-46.
- YE, J. et al. Ontology-based models in pervasive computing systems. *The Knowledge Engineering Review*, Cambridge, v. 22, n. 4, p. 315-347, 2007.

SOBRE OS AUTORES

Sandro Rautenberg

Possui graduação em Ciências da Computação pela Universidade Regional de Blumenau – FURB (1996), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (1998). Atualmente é professor assistente junto ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) e doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da UFSC. Tem experiência em Inteligência Artificial e Engenharia do Conhecimento.

José L. Todesco

Possui graduação em Matemática pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (1987), mestrado e doutorado em Engenharia de Produção também pela UFSC (1991 e 1995, respectivamente). Atualmente ocupa o posto de professor adjunto junto ao departamento de Informática e Estatística (INE) na graduação e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da UFSC e como pesquisador do Instituto Stela. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Data Warehouse, Inteligência Artificial e Engenharia do Conhecimento.

Fernando A. O. Gauthier

Concluiu o doutorado em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Santa Catarina em 1993. Atualmente é Professor Associado, do departamento de Engenharia do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina atuando no Bacharelado em Sistemas de Informação e no Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. Tem experiência nas áreas de empreendedorismo, inteligência artificial, computação evolutiva, ensino à distância via *web* e engenharia do conhecimento.

Recebido em: 05.03.2009

Aceito em: 04.05.2009

Revisado em: 12.05.2008

