

Ontologias e Unified Modeling Language: uma abordagem para representação de domínios de conhecimento

Ontologies and Unified Modeling Language: an approach to representation of domains of knowledge

por [Daniela Lucas da Silva](#) e [Eliana Antonia Demarques](#) e [Renato Rocha Souza](#) e [Gercina A. B. de Oliveira Lima](#)

Resumo: Este artigo destaca o uso da *Unified Modeling Language*, UML na especificação de modelos baseados em ontologias na representação de domínios de conhecimento, enfatizando a importância da semântica e do tratamento da linguagem padronizada para que o conhecimento do domínio possa ser organizado e compartilhado. Finalmente, este artigo tem como objetivo estabelecer uma conexão entre as temáticas: modelagem orientada a objetos e ontologias.

Palavras-chave: Modelagem; Modelos de representação de conhecimento; Ontologias; Semântica; Unified Modeling Language.

Abstract: This article emphasizes the use of Unified Modeling Language, UML in the specification of models based on ontologies in the representation of domains of knowledge, emphasizing the importance of semantic and of treatment of standardized language so the knowledge of the domain can be organized and shared. Finally, this article aims to establish a connection between the themes: the object oriented modeling and ontologies.

Keywords: Modeling; Models of knowledge representation; Ontologies; Semantics; Unified Modeling Language.

Introdução

A organização da informação tornou-se um processo fundamental na medida em que vêm crescendo exponencialmente o volume de informações disponível, resultando muitas vezes na desorganização de acervos informacionais e conseqüentemente na dificuldade de se encontrar o que se procura num determinado sistema de recuperação de informação. Nesse sentido, pesquisas têm sido desenvolvidas progressivamente visando ao desenvolvimento de mecanismos de indexação, organização, compartilhamento e recuperação de informações, com o objetivo único de melhorar a eficácia dos sistemas de recuperação de informação.

Podemos citar, dentre outras, algumas pesquisas nessa perspectiva voltadas à exploração semântica da informação, tais como: a) a Web Semântica que pretende criar metodologias, tecnologias e padrões de metadados para aumentar o escopo das atividades desempenhadas automaticamente ([Berners-Lee, Hendler e Lassila, 2001](#)); b) a utilização semântica embutida nos próprios documentos com o uso de estruturas da linguagem natural como os sintagmas nominais e verbais ([Souza, 2005](#)); c) instrumentos de representação de relacionamentos semânticos e conceituais como as ontologias ([Gruber, 1993](#)) e os tesouros ([Dahlberg, 1978](#)), objetivando evitar problemas relacionados à ambigüidade inerente às palavras da linguagem natural.

Esse fato contribui para a atenção dada às ontologias, cuja origem se dá no campo teórico da filosofia ([Corazzon, 2008](#)), sendo ainda pesquisadas e desenvolvidas como instrumento de representação de conhecimento nos campos das ciências da computação e da informação. Para a ciência da informação as ontologias são de interesse pela potencialidade que elas têm em organizar e representar informação. Segundo [Almeida e Bax \(2003\)](#), as ontologias podem melhorar os processos de recuperação de informação ao organizar o conteúdo de fontes de dados num determinado domínio.

Dentre as principais contribuições da ciência da computação no que tange à representação do conhecimento, destacam-se os modelos de representação associados à modelagem de dados, mais especificamente, o modelo orientado a objetos ([Furlan, 1998](#); [Rumbaugh e Blaha, 2006](#); [Booch, Jacobson e Rumbaugh, 2006](#); [OMG, 2003](#)), o modelo entidade-relacionamento ([Chen, 1976](#); [Silberschatz, Korth e Su-darshan, 2006](#); [Navathe e Elmasri, 2000](#)) e a ontologia formal ([Guarino, 1998](#); [Gruber, 1993](#)), campo que repensa as possibilidades representacionais e de organização de domínios de conhecimento.

Neste artigo, dar-se-á destaque ao modelo orientado a objetos, por apresentar similaridades (estruturas formadas por conceitos e relações) com as ontologias (*apresentadas na próxima seção*) e por tratar de questões relacionadas à semântica envolvida na representação de seus conteúdos. Objetiva-se, também, apresentar as principais pesquisas inerentes às formas de representação semântica na linguagem de modelagem unificada, conhecida como UML (*Unified Modeling Language*), e como tal linguagem pode ser útil na especificação de modelos baseados em ontologias.

Ontologias: definições, características, aplicações e implementação

Ontologia como um ramo da filosofia remete ao "... estudo do Ser; a área da metafísica que se relaciona ao Ser ou essência das coisas, ou o Ser no sentido abstrato" (*Oxford English Dictionary*). Já na computação, uma ontologia é um artefato de software que tem utilizações específicas em ambientes computacionais ([Smith, 2004](#)). A apropriação do termo "ontologia" da filosofia pela comunidade de computação (em especial pela comunidade de inteligência artificial) deve-se ao fato de as ontologias servirem como meio de organização das coisas passíveis de representação simbólica (representação formal). E, a partir da representação formal, possibilitar raciocínio dedutivo através de regras de inferências.

Na ciência da computação os estudos sobre ontologias como artefato de software tiveram início na década 90, principalmente na inteligência artificial em pesquisas sobre representação do conhecimento ([Gruber, 1993](#); [Gruber, 1993a](#); [Guarino, 1998](#)). O interesse sobre o assunto ontologias na ciência da informação ([Soergel, 1997](#); [Soergel, 1999](#); [Vickery, 1997](#)) acontece também nesse período. [Vickery \(1997\)](#) foi um dos primeiros do campo da biblioteconomia a dar atenção ao termo ontologia na ciência da informação.

Pesquisadores dos campos de ciência da computação e ciência da informação abordam o conceito de ontologia explicitando seu papel de estruturar um domínio de conhecimento e compartilhar tal conhecimento numa comunidade de interesse. [Jurisica, Mylopoulos e Yu \(1999\)](#) afirmam que as ontologias podem ser usadas como conhecimento comum de um domínio, viabilizando a comunicação entre uma comunidade de interesse. Para os autores, na perspectiva da ciência da computação e da ciência da informação, uma ontologia pode ser útil na organização e representação de conhecimento, tendo a tecnologia como apoio na viabilização de uma infra-estrutura para gerência de conhecimento.

Numa perspectiva interdisciplinar entre a inteligência artificial e a filosofia, [Chandrasekaran, Johnson e Benjamins \(1999\)](#) definem que uma ontologia refere-se a conteúdo teórico sobre diversos objetos, a propriedades desses objetos e ao relacionamento entre objetos que são possíveis num domínio específico de conhecimento.

[Gruber \(1993\)](#) define ontologia como uma especificação explícita de uma conceitualização. [Borst \(1997, p.12\)](#) também apresenta uma definição muito aceita pela comunidade de ontologia: "uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada". Ou seja, um conhecimento consensual de um determinado domínio. [Almeida e Bax \(2003\)](#) explicam que "formal" significa legível para computadores; "especificação explícita" estaria relacionada a conceitos, propriedades, axiomas explicitamente definidos; "compartilhado" seria conhecimento consensual; e "conceitualização" diz respeito a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real.

[Guarino \(1998\)](#) descreve uma ontologia como sendo um artefato da engenharia, constituído por um vocabulário intencional relacionado a uma certa realidade, em conjunto com pressupostos explícitos em forma de lógica de primeira ordem, representando conceitos e relações entre conceitos. Tal vocabulário intencional é descrito mediante uma aceitação, ou seja, um consenso relativo ao sentido das palavras que irão compô-lo.

Para [Uschold e Gruninger \(1996\)](#), ontologias são termos usados para referenciar um conhecimento compartilhado em um algum domínio de interesse, que pode ser usado como uma aplicação unificada para resolver problemas. Os autores afirmam que uma ontologia incluirá necessariamente um vocabulário de termos e alguma especificação de seu significado. Esse vocabulário pode ser representado com distintos graus de formalismo: desde o mais informal, utilizando-se linguagem natural, até o rigorosamente formal, representando-se os termos por meio de uma linguagem lógica.

As ontologias podem ser classificadas quanto ao seu conteúdo em: de domínio, de tarefas, de aplicação, genéricas e de representação ([Guarino, 1998](#)). As ontologias de domínio expressam conceitualizações de domínios genéricos, descrevendo o vocabulário relacionado a um domínio de aplicação, tal como medicina. As ontologias de tarefas expressam conceitualizações sobre a resolução de problemas, independentemente do domínio em que ocorram. As ontologias de aplicação descrevem conceitos dependentes de domínio e de tarefas particulares. As ontologias genéricas descrevem conceitos bastante gerais, tais como espaço, tempo, matéria, objeto, etc., que são independentes de um domínio particular. Enquanto as ontologias de representação buscam os compromissos ontológicos embutidos em formalismos de representação de conhecimento.

Os componentes básicos de uma ontologia podem ser encontrados em [Gruber \(1993a\)](#): a) classes – organização dos conceitos de um domínio, arranjadas em uma taxonomia. As classes herdam as características de suas classes-pai, de forma similar ao modelo orientado a objetos; b) relações - representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio; c) axiomas - usados para restringir a interpretação e o uso dos termos envolvidos; d) instâncias - utilizadas para representar objetos específicos (os próprios dados).

No que diz respeito à aplicabilidade das ontologias, destacamos a Web Semântica, a qual é responsável pela compatibilização de conceitos encontrados em bancos de dados dos mais diversos tipos. Como aponta Tim Berners-Lee, "dois bancos de dados podem usar diferentes identificadores para o mesmo conceito". A solução para esse problema seria criar uma ontologia, a qual ele define como "um documento ou arquivo que define formalmente os relacionamentos entre termos". Uma ontologia para Web possui tipicamente uma

taxonomia, em conjunto de regras de inferência (Gilchrist, 2003). Além da Web Semântica, outras aplicações podem ser destacadas: representação de conteúdo em ambientes virtuais, recuperação de informação, gestão de conhecimento, construção de interfaces cooperativas, navegação e interoperabilidade de sistemas (Almeida, 2002; Moreira, 2002; Jorge, 2005; Almeida, 2006).

Várias linguagens baseadas em XML (*eXtensible Markup Language*) têm sido propostas para implementar ontologias. Por exemplo: RDF (*Resource Description Framework*), RDF Schema, DAML (*DARPA Agent Markup Language*) + OIL (*Ontology Inference Layer*) e OWL (*Ontology Web Language*) (Breitman, 2005). Tais linguagens, também chamadas de “*linguagens baseadas na Web*”, encontram-se ainda em fase de desenvolvimento e em constante evolução (Lozano-Tello e Gomez-Perez, 2004). Algumas dessas linguagens possuem expressividade semântica mais bem elaborada do que outras, como nos casos da *Ontology Web Language*, OWL perante RDF Schema, e desta perante *eXtensible Markup Language*, XML.

Diversas metodologias têm sido apresentadas e discutidas na literatura para construção de ontologias (Fernández-Lopez, 1999; Jones, Bench-Capon e Visser, 1998; Uschold e Gruninger, 1996). Muitas dessas metodologias possuem abordagens e características diversas, sendo direcionadas a diferentes propósitos e aplicações, ou seja, não possuem propostas unificadas, sendo que grupos diferentes utilizam diferentes abordagens (Silva, 2008).

Modelo orientado a objetos

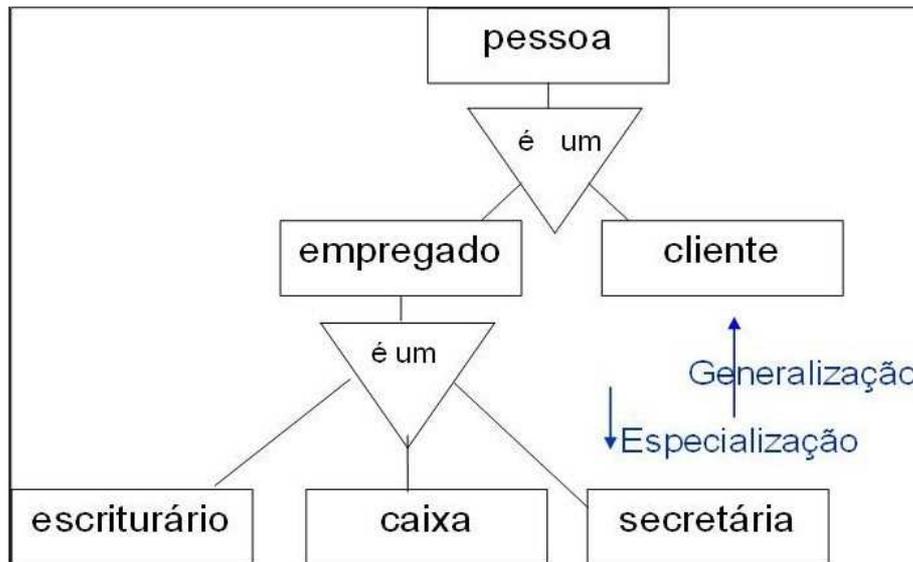
O modelo orientado a objetos é o resultado de um paradigma de análise, projeto e programação de software baseado na composição e interação entre diversas unidades chamadas objetos. Um objeto pode ser considerado um conceito, uma abstração, ou algo que representa, através de sua identidade, algum significado para uma aplicação. A modelagem orientada a objetos tem como meta identificar o melhor conjunto de objetos para descrever um sistema de software e reusar tais objetos quando necessário em outras aplicações (Rumbaugh e Blaha, 2006).

Atualmente, a técnica de modelagem UML *Unified Modeling Language* é a mais utilizada na área de Engenharia de Software (Pressman, 1995; Rezende, 2002), visto ser uma técnica madura para modelar qualquer tipo de aplicação (Furlan, 1998). Segundo Furlan (1998), a linguagem de modelagem unificada pode ser usada para: a) mostrar como os atores (usuários) interagem com as funções principais do sistema de informação através dos diagramas de interação; b) representar uma estrutura estática de um sistema através dos diagramas de classe; c) modelar o comportamento dos objetos através dos diagramas de transição de estado; e d) apresentar a arquitetura física do sistema com diagramas de componentes e de implementação. Percebe-se que tal linguagem engloba desde a fase de modelagem conceitual até a fase física, ou seja, de implementação do software.

Na modelagem orientada a objetos implementa-se um conjunto de classes que definem os objetos presentes no sistema de software. Uma classe representa um grupo de objetos semelhantes e que, através da especialização e da generalização ou categorização, organiza os objetos por suas semelhanças e diferenças (Rumbaugh e Blaha, 2006). Desta maneira, surge o conceito de superclasse e subclasses - relacionamento entre uma classe e uma ou mais variações da classe. Cada classe determina o comportamento (*definido nos métodos*) e estados possíveis (atributos) de seus objetos, assim como o relacionamento com outros objetos.

Cada um desses objetos é chamado de instância de sua classe. Segundo Rumbaugh e Blaha (2006), a subclasse herda as características de sua superclasse. Acrescentam os autores que cada instância de uma subclasse é também uma instância da superclasse. Daí a denominação “*é-um*”, do inglês “*is a*”, para o relacionamento de generalização. A Figura 1 ilustra uma situação de especialização (conhecida como processo top-down) e generalização (conhecida como bottom-up) entre a superclasse pessoa e suas subclasses cliente e empregado. A subclasse empregado, por sua vez, especializa mais três subclasses: escriturário, caixa e secretária.

Figura 1 - Modelo representando uma herança entre a classe pessoa e suas subclasses



Fonte: adaptado de Silberschatz, Korth e Sudarshan, (2006)

Outras formas de organizar ou classificar objetos podem ser concretizadas através da agregação e da associação. Na agregação, há níveis de abstração do tipo “é parte de” em relação à classe. Exemplo: termostatos e compressores são partes de congeladores. Já na associação, uma classe tem atributos que associam características comuns a outras classes diferentes. Nessa classificação, certas idéias promovem lembranças de outras idéias a elas relacionadas, como no exemplo: montanhas e pistas estão associadas a esqui. As relações de especialização/generalização, de agregação e de associação são similares às utilizadas nas ontologias.

Nas ontologias, a especialização e a generalização são relações representadas através de hierarquias de classes, conhecidas como taxonomia. Tais relações, bem como as de agregação e de associação podem ser representadas através de uma linguagem lógica, como a lógica descritiva e a lógica de primeira ordem (Uschold e Gruninger, 1996). A lógica de primeira ordem e a lógica descritiva são vistas como possibilidades de tipos de deduções projetadas para auxiliar o usuário a definir um conjunto coerente de conceitos e instâncias (*objetos*) para descrever o domínio. A lógica descritiva fornece uma caracterização formal da representação e a capacidade dedutiva, além de permitir completude computacional (Crane e Purvis, 1999).

A percepção da relação do modelo orientado a objetos (*destacando-se a Unified Modeling Language*) para com as ontologias torna-se clara na medida em que ambos buscam representar semanticamente um domínio de conhecimento. O primeiro modelo busca classificar o domínio através de classes e objetos, possibilitando o reuso dos mesmos em outras aplicações. Tais princípios também são empregados nas ontologias, conforme foi visto em seção específica.

UML – Unified Modeling Language

A *Unified Modeling Language* é sucessora de um conjunto de métodos de análise e projetos baseados em objetos, criado pelos próprios autores da linguagem: Grady Booch, James Rumbaugh e Ivar Jacobson. A linguagem é adotada e recomendada pelo *Object Management Group – OMG*, um grupo responsável pelos padrões voltados ao paradigma de orientação a objetos. Por possuir uma notação gráfica simples e ser capaz de modelar aspectos estruturais e comportamentais de um sistema é amplamente consolidada na área de Engenharia de Software (Pressman, 2002; Booch, Jacobson e Rumbaugh, 2006).

Furlan (1998, p.38) assinala que a *Unified Modeling Language* é uma linguagem de modelagem e não uma metodologia, pois não explicita os procedimentos de uso da linguagem para construção de softwares, geralmente embutidos numa metodologia. Assim como tem crescido progressivamente o uso de *Unified Modeling Language*, tem aumentado também um vasto conjunto de ferramentas CASE (do inglês *Computer-Aided Software Engineering*), as quais suportam esta linguagem por possuir mecanismos que permitem sua própria extensão para diversos domínios de problema. As mais conhecidas são o *ArgoUML*, *Poseidon* e *Unisys Rose XML Tools*.

A *Unified Modeling Language* possui vários diagramas (Booch, Jacobson e Rumbaugh, 2006). Os diagramas que modelam os aspectos estruturais são os de classes, de objetos, de componentes e os de desenvolvimento. Os diagramas de colaboração, de seqüência, de casos de uso, de estados e de atividades servem para modelar os aspectos comportamentais

de um sistema. O diagrama de classes mostra um conjunto de classes, relacionamentos de classes, e relacionamentos de objetos que é responsável por uma parte estática do sistema.

A semântica estática consiste em um conjunto de regras que definem diagramas bem formados dentro da linguagem. No exemplo da Figura 2 as classes *Indivíduo* e *Grupo* são especializações da classe *Intérprete*, relacionamento conhecido como generalização; outros tipos de relacionamentos são contemplados no diagrama de classes como o relacionamento de associação entre as classes *Gravação* e *ItemNoCD*, que representa uma relação estrutural entre duas classes indicando que estas se comunicam através e troca de mensagens; e o relacionamento de dependência entre a classe *ItemNoCD* e *CD*, chamado de relacionamento de agregação, cuja semântica é “*parte de*”.

Na próxima seção serão apresentadas as principais motivações da *Unified Modeling Language* para especificação de ontologias.

Motivações da *Unified Modeling Language* na especificação de ontologias

Dada a similaridade entre os modelos orientados a objetos e as ontologias, a comunidade de orientação a objetos tem despertado para o uso de ontologias através da *Unified Modeling Language* em conjunto com a sua linguagem de restrição de objetos denominada *OCL - Object Constraint Language* (Cranefield e Purvis, 1999), que será enfatizada na próxima seção. A linguagem foi adotada como padrão em modelagem pela *Object Management Group*, e é largamente utilizada no desenvolvimento de sistemas orientados a objeto (OMG, 2003).

Os diagramas considerados relevantes na modelagem de ontologias são o diagrama de classe e o digrama de objetos (*na modelagem de instâncias da ontologia*). O suporte comercial para padrões orientados a objetos permite a investigação de padrão de técnicas de modelagem de objetos para desenvolvimento de ontologias. A *Unified Modeling Language* tem uma ampla e rápida expansão de uma comunidade de usuários, sendo que estes usuários provavelmente estarão mais familiarizados com a notação *Unified Modeling Language* do que com a lógica descritiva. Ao contrário do formalismo da lógica descritiva, há um padrão de representação gráfica para modelos expressados em *Unified Modeling Language*. Dessa maneira, uma representação gráfica é importante para permitir aos usuários de sistemas de informação pesquisar uma ontologia e descobrir conceitos que podem aparecer nas consultas. Em contrapartida, a lógica descritiva tem uma sintaxe linear, mas nenhum padrão de representação gráfica (Cranefield e Purvis, 1999).

Embora a *Unified Modeling Language*, geralmente, não tenha um padrão de sintaxe linear, a *Object Management Group* encontra-se num processo de adoção de extensões de *Unified Modeling Language* para representar ontologias em DAML-OIL (Lockheed, 2000) e OWL (Brockmans e Haase, 2006) no contexto da Web Semântica. Lockheed (2000) assinala que o objetivo primário desse processo de adoção é converter diagramas de classes em ontologias DAML, supondo que esses diagramas representam ontologias DAML, DARPA agent markup language; tal processo tem como objetivo secundário, con-verter ontologias DAML, DARPA agent markup language em diagramas de classes; e como objetivo futuro converter qualquer diagrama de classe em DAML,DARPA agent markup language. Os autores afirmam ser um trabalho em progresso, pois nem todos os conceitos DAML são facilmente mapeados para *Unified Modeling Language*.

A *Unified Modeling Language* não pode ser considerada um formalismo de representação devido à ausência de declaratividade, de um motor de inferência e de uma semântica formal; além de ser empregada mais para modelagem estrutural e comportamental do que para a modelagem conceitual, como as ontologias. A linguagem, entretanto, possui construtos abstratos o suficiente para permitirem a representação de ontologias, como classes e atributos (Freitas, 2003). As restrições da linguagem são definidas na linguagem auxiliar *Object Constraint Language*, utilizada para expressar regras em *Unified Modeling Language*.

A *Unified Modeling Language* e a *Object Constraint Language* ainda não possuem uma semântica formal. A *Object Management Group* fornece uma descrição informal em linguagem natural (Cranefield e Purvis, 1999). Pesquisadores vêm propondo diferentes formas se-mânticas para *Unified Modeling Language*: modelo matemático direto (Breu et al, 1997); descrição utilizando a linguagem de especificação Z (Evans, 1998); definição de uma semântica formal, bem como de regras de trans-formação dedutivas para provar que um diagrama é consequência de outro, proposta em (Evans, 1998); operações semânticas descrevendo como um modelo *Unified Modeling Language* se envolve com outros elementos (Overgaard, 1998); e semântica para OCL nos diagramas de classes proposta por Richters e Gogolla (1998).

OCL – Object Constraint Language

Segundo Mello (2000), a *Unified Modeling Language* não provê todos os aspectos relevantes da especificação de um sistema. Desse modo, foi desenvolvida a linguagem OCL para preencher a necessidade, existente na *Unified Modeling Language*, de representar, formalmente, restrições adicionais sobre os objetos do modelo.

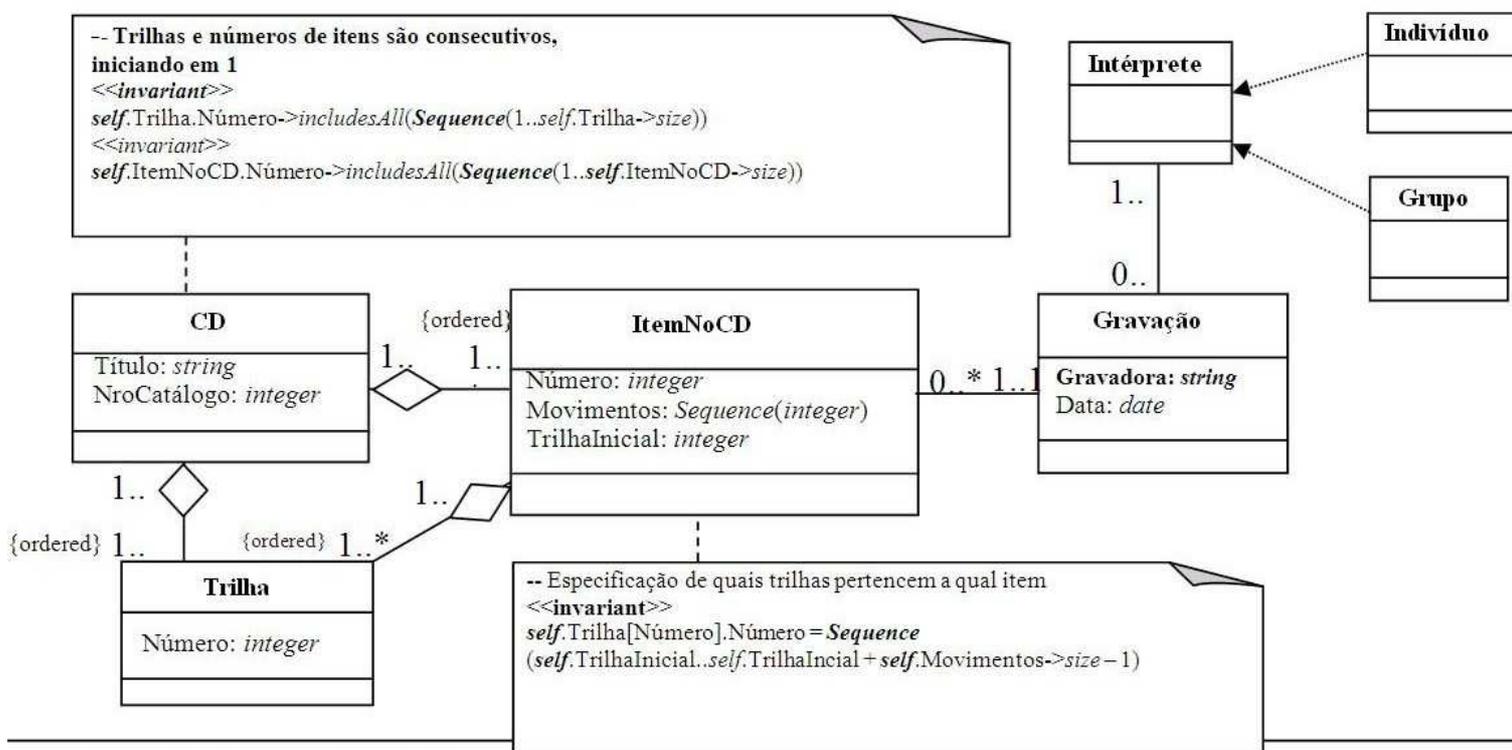
A *Object Constraint Language*, ou linguagem de restrições de objetos, é uma linguagem formal utilizada para expressar restrições relacionadas a um determinado modelo *Unified Modeling Language* de um sistema (Booch, Jacobson e Rumbaugh, 2006). Além disso, é uma linguagem tipada, isto é, cada expressão OCL possui um tipo a ela associa-do. Sendo assim, a *Object Constraint Language* restringe valores de atributos e possíveis instâncias de um relacionamento, além de especificar procedimentos para verificação de integridades. As restrições *Object Constraint Language* são representadas através do rótulo <Constraint>, que recebe, como valor, um string que deverá conter em texto não estruturado, que representa todo o corpo de uma eventual restrição *Object Constraint Language* do modelo *Unified Modeling Language*.

De acordo com Mello (2000), uma restrição OCL pode assumir três diferentes formas: a) invariantes – restrição que deve sempre ocorrer para todas as instâncias de uma dada classe, tipo ou interface; b) pré-condição – restrição que deve ser verdadeira no momento em que uma operação vai iniciar sua execução; e c) pós-condição - restrição que deve ser verdadeira no momento em que uma operação finaliza sua execução.

Cranefield e Purvis (1999) mostram parte da especificação de uma ontologia sobre um catálogo de CDs de música clássica (*apresentada na Figura 2*). Seus exemplos de especificações *Object Constraint Language* são as restrições vinculadas às classes *CD* e *ItemNoCD*. O exemplo do número de trilhas pertence a um item deve conter a sequência que começa na trilha inicial e termina no tamanho do número de movimentos do mesmo menos 1. Essa especificação restringe as possíveis instâncias no relacionamento de agregação entre *Trilhas* e *Itens*. A palavra-chave *self* indica uma instância; a palavra *sequence*, um tipo de lista ordenada e *size* é uma função que retorna o número de elementos de uma sequência da lista ordenada.

Mello (2000), após analisar a ontologia apresentada por Cranefield e Purvis (1999), propõe alguns pontos que precisam ser amadurecidos com relação a tal ontologia, a saber: a) formalização: a linguagem que descreve *Unified Modeling Language* não é formal, apenas uma descrição em linguagem natural é usada. Necessita-se formalizá-la; b) raciocínio automático: em uma linguagem de especificação de ontologias, não basta poder de expressão para descrever o domínio. Devem-se estudar tipos de inferência possíveis e desejáveis sobre especificações *Unified Modeling Language*, em conjunto com OCL; e c) meta-modelos: o uso de um meta-modelo para descrever conceitos bem gerais (*nível 1*). Num segundo nível, esses conceitos seriam representados em *Unified Modeling Language* e no nível 3 os modelos ontológicos seriam descritos como especializações das descrições *Unified Modeling Language*.

Figura 2 - Especificação de uma ontologia utilizando as linguagens *Unified Modeling Language* e OCL



Fonte: adaptado de [Cranefield e Purvis](#), (1999)

Considerações finais

Pesquisas ainda são necessárias para tornar explícitos que tipos de inferências seriam fundamentais para ontologias representadas em *Unified Modeling Language*, UML tendo em vista o tipo de sistema no qual a ontologia será disponibilizada. [Cranefield e Purvis](#) (1999) não sugerem que a UML seja considerada como uma alternativa para formalismos em lógica descritiva em todas as situações. Segundo os autores, a *Unified Modeling Language*, UML não fornece uma alternativa direta para modelar ontologias, principalmente num sistema que exige deduções. Portanto, seria necessário expressar as semânticas do diagrama de classe da UML dentro do sistema de dedução lógica, o que aumentaria a complexidade e a extensão de suas deduções.

Em uma linguagem de especificação de ontologias é necessário o raciocínio automático para descrever o domínio e, para isso, é preciso o estudo de tipos de inferência possíveis e desejáveis sobre especificações *Unified Modeling Language* em conjunto com *Object Constraint Language*, OCL. Essas inferências seriam fundamentais para operações de manipulação de dados que poderiam ser definidas em um conjunto de restrições padronizadas para serem aplicadas automaticamente em qualquer ontologia. Também é necessário desenvolver ferramentas de melhores aplicações em domínios diversos que representem qualquer restrição *Object Constraint Language*, OCL.

Este artigo buscou apresentar as principais iniciativas de pesquisa nas áreas de modelagem de domínios: a modelagem orientada a objetos e a engenharia ontológica, mostrando as semelhanças e as contribuições entre as duas áreas. Destacou-se a importância da semântica envolvida na especificação de modelos, alcançada através de ontologias, e a facilidade na forma de representação gráfica proporcionada pela *Unified Modeling Language*, possibilitando a interação com a comunidade de usuários envolvida. Iniciativas fundamentais na junção das comunidades de orientação a objetos e ontologias encontram-se num patamar evolutivo, como é o caso da especificação de ontologias DAML-OIL (Lockheed, 2000) e ontologias *Ontology Web Language*, OWL ([Brockmans e Haase](#), 2006; [OMG](#), 2003) em *Unified Modeling Language*, no contexto da Web Semântica.

Como pesquisa futura, pretende-se avançar na investigação desta abordagem, apontando as contribuições para a Web Semântica, Engenharia de Software, Sistemas de Informação, dentre outros assuntos que tangem a área de representação de conhecimento.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, M.B. Interoperabilidade entre fontes heterogêneas: um meta-modelo baseado em ontologias. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Escola da Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- ALMEIDA, M.B.; BAX, Marcello P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 32, n. 3, p.7-20, set./dez. 2003.
- ALMEIDA, M. B. Um modelo baseado em ontologias para representação da memória organizacional. 2006. 341f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- BERNERS-LEE, T; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web. *Scientific American*, vol. 284, n°. 5, maio 2001, p. 34-43.
- BOOCH, G. JACOBSON, I. RUMBAUGH, J. UML Guia do Usuário. Editora CAMPUS. Rio de Janeiro. 2006.
- BORST, W.N. Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse. 1997. Tese (Phd). Disponível em: <<http://www.ub.utwente.nl/webdocs/inf/1/t0000004.pdf>>. Acesso em: 03 outubro 2005.
- BREITMAN, Karin Koogan. Web Semântica: A Internet do Futuro. Rio de Janeiro: LTC, 2005.
- BREU, Ruth; GROSU, Radu; HUBER, Franz; RUMPE, Bernhard; SCHWERIN, Wolfgang. Towards a precise semantics for object-oriented modeling techniques. In Haim Kilov and Bernhard Rumpe, editors, *Proceedings ECOOP'97 Workshop on Precise Semantics for Object-Oriented Modeling Techniques*, pag-es 53–59. Technische Universität München, TUM-I9725, 1997.
- BROCKMANS, S.; HAASE, P. A Metamodel and UML Profile for Rule-extended OWL DL Ontologies {A Complete Reference. Technical report, Universität Karlsruhe, March 2006. Disponível em: <<http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/sbr/publications/owl-metamodeling.pdf>>. Acesso em: 05 Março 2008.
- CHANDRASEKARAN, B.; JOHNSON, T. R.; BENJAMINS, V. R. Ontologies: what are they? why do we need them?. *IEEE Intelligent Systems*, Washington, v. 14, n. 1, p. 20-26, Jan./Fev.1999.
- CHEN, Peter P. The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data. March 1976. Disponível em: <<http://www.csc.lsu.edu/news/erd.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2007.
- CORAZZON, R. What is Ontology? Definitions by leading philosophers. In: *Ontology. A Resource Guide for Philosophers*. 2008. Disponível em <http://www.formalontology.it/section_4.htm>. Acesso em: 02 Abril 2008.
- CRANFIELD, S.; PURVIS, M. UML as an ontology modeling language. In: WORKSHOP ON INTEL-LIGENT INFORMATION INTEGRATION, 16th, 1999, Stockholm. *Proceedings...* Stockholm: International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-99), 1999. p.1-16.
- DAHLBERG, Ingtraut. Teoria do conceito. *Ciência da Informação*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 101-107, jul./dez. 1978.

- EVANS, A.. 1998. Reasoning with UML diagrams. Proceedings of the Workshop on Industrial Strength Formal Methods (WIFT'98). IEEE Press.
- EVANS, Andy; FRANCE, Robert; LANO, Kevin; RUMPE, Bernhard. Developing the UML as a formal modelling notation. In Pierre-Alain Muller and Jean B'ezivin, editors, Proceedings of UML'98 International Workshop, Mulhouse, France, June 3 - 4, 1998, pages 297-307. ESSAIM, Mulhouse, France, 1998.
- FERNÁNDEZ, M; GOMEZ-PEREZ, A.; SIERRA, J.P.; SIERRA, A.P. Building a Chemical Ontology Using Methontology and the Ontology Design Environment. Intelligent Systems, v. 14, n. 1, p. 37-46, jan./ fev.1999.
- FREITAS, Frederico L. G. Ontologias e a Web Semântica. Santos: Universidade Católica de Santos, 2003. Disponível em: <<http://www.inf.unisinos.br/~renata/cursos/topicosv/ontologias-ws.pdf>>. Acesso em: 22 Março 2008.
- FURLAN, José Davi. Modelagem de objetos através da UML: the unified modeling language. São Paulo: Makron Books, 1998.
- GILCHRIST, Alan. Thesauri, taxonomies and ontologies - an etymological note. Journal of Documenta-tion, v. 59, n. 1, 2003, p. 7-18.
- GUARINO, N. Formal Ontology and Information Systems. In: Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98), 1998, Trento. Proceedings of the First International Conference on Formal Ontology in Infor-mation Systems (FOIS'98). Trento, 1998.
- GRUBER, T. What is an Ontology? 1993. Disponível em: <<http://www.ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>. Acesso em: 03 Agosto 2006.
- GRUBER, T. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. 1993a. Disponível em: <ftp://ftp.ksl.stanford.edu/pub/KSL_Reports/KSL-92-71.ps.gz>. Acesso em: 03 Agosto 2006.
- JONES, D.; BENCH-CAPON, T.; VISSER, P. Methodologies for ontology development. In: 15th IFIP World Computer Congress, 1998, London. Proceedings of the ITI and Knows Conf of the UK, London: Chapman and Hall, 1998. p. 62-75.
- JORGE, Marcelo Alvim. Ontologias no suporte a portais semânticos. Dissertação (Mestrado em Ciências da Informação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- JURISICA, I.; MYLOPOULOS, J.; YU, E. Using Ontologies for Knowledge Management: An Informa-tion Systems Perspective. Annual Conference of the American Society for Information Science, Wash-ington, D.C., 1999.
- LOCKHEED, Martin. 2000. UBOT details. Disponível em: <http://ubot.lockheedmartin.com/ubot/details/uml_to_daml.html> . Acesso em: 10 Novembro 2007.
- LOZANO-TELLO A. and GÓMEZ-PÉREZ A. ONTOMETRIC: A Method to Choose the Appropriate Ontology. Journal Of Database Management. 2004. Disponível em: <http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-20574535_ITM>. Acesso em: 07 Novembro 2007.
- MELLO R. Aplicação de Ontologias a Bancos de Dados Semi-Estruturados. Tese de Doutorado. PGCC-UFRGS. Porto Alegre. 2000.
- MOREIRA, Alexandra. Uso de ontologia em sistemas de informação computacionais. Perspectivas em Ciência da Informação, Belo Horizonte. v.7, n. 1, p. 49-60, jan/jun. 2002.
- NAVATHE, Shamkant B.; ELMASRI, Ramez. Sistemas de bancos de dados: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- OMG. 2003. Object Management Group. <http://www.omg.org/>
- OVERGAARD, Gunnar. A formal approach to relationships in the Unified Modeling Language. In Man-fred Broy, Derek Coleman, Tom S. E. Maibaum, and Bernhard Rumpe, editors, Proceedings PSMT'98 Workshop on Precise Semantics for Modeling Techniques. Technische Universit"at M"unchen, TUM-19803, 1998.
- PRESSMAN, Roger S. Engenharia de Software. São Paulo: Makron Books, 1995.
- REZENDE, D. A. Engenharia de software e sistemas de informação. 2 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2002.
- RICHTERS, Mark; GOGOLLA, Martin. On formalizing the UML Object Constraint Language OCL. In TokWang Ling, Sudha Ram, and Mong Li Lee, editors, Proc. 17th Int. Conf. Conceptual Modeling (ER'98). Lecture Notes in Computer Science, number 1507, Springer-Verlag, 1998.
- RUMBAUGH, J., BLAHA, M. Modelagem e projetos baseados em objetos com UML 2. Rio de janeiro : Campus, 2006.
- SILBERSCHATZ, A., KORTH, H.F., SUDARSHAN, S. Sistemas de Bancos de Dados. Tradução: Da-niel Vieira. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier. 2006.
- SILVA, Daniela Lucas da. Uma Proposta Metodológica para Construção de Ontologias: Uma Perspectiva Interdisciplinar entre as Ciências da Informação e da Computação. 286 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Escola da Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- SMITH, B. Ontology and Informations Systems. 2004. Disponível em: <<http://www.ontology.buffalo.edu/ontology>> Acesso em: 15 Setembro 2007.
- SOERGEL, Dagobert. Functions of a Thesaurus / Classification / Ontological Knowledge Base. Col-lege of Library and Information Services, University of Maryland. 1997.
- SOERGEL, Dagobert. The Rise of Ontologies or the Reinvention of Classification. Journal of the American Society of Information Science 50(12): 1119-1120. 1999.
- SOUZA, Renato Rocha. Uma proposta de metodologia para escolha automática de descritores utilizando Sintagmas Nominais. 202p. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods an applications. Knowledge Engineer-ing Review, v. 11, n. 2, 1996.
- VICKERY, B. C. Ontologies. Journal of Information Science, v. 23, n. 4, p. 277-286, 1997.

Sobre os autores / About the Author:

Daniela Lucas da Silva

danielalucas@hotmail.com

Mestre em Ciência da Informação pela Escola de Ciência da Informação da UFMG e Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da Escola de Ciência da Informação UFMG.

Eliana Antonia Demarques

eademarques@hotmail.com

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

Renato Rocha Souza

rsouza@eci.ufmg.br

Doutor em Ciência da Informação pela ECI/UFMG. Professor Adjunto da Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais .

Gercina A. B. de Oliveira Lima

glima@eci.ufmg.br

Doutora em Ciência da Informação pela ECI/UFMG. Professora Adjunta da Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais.