

Construindo ontologias com a metodologia ontoforinfoscience: uma abordagem detalhada das atividades do desenvolvimento ontológico

Fabrcio Martins Mendonça

Doutor em Ciências da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte, MG – Brasil, com período sanduíche em Universidade do Porto (U.Porto) - Portugal. Professor da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) - Juiz de Fora, MG - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/7587726616949092>

E-mail: fabriciomendonca@gmail.com

António Lucas Soares

Doutor em Ciência da Informação pela Universidade do Porto, Portugal.

Professor Associado, Departamento de Engenharia Informática, INESC TEC, Porto, Portugal.

E-mail: als@fe.up.pt

Submetido em: 10/07/2017. Aprovado em: 05/09/2017. Publicado em: 28/12/2017.

RESUMO

Na utilização de ontologias como sistemas de organização do conhecimento para fins de representação, organização e recuperação da informação, um dos maiores desafios é o processo de construção da ontologia, o qual é complexo e exige conhecimentos técnicos específicos dos desenvolvedores. Nos últimos anos, diversas metodologias foram criadas para auxiliar na construção de ontologias, as quais possuem passos bem estabelecidos mas nem sempre bem detalhados, causando problemas no desenvolvimento de ontologias. O presente artigo descreve uma metodologia para construção de ontologias, denominada OntoForInfoScience, que tem como diferencial o detalhamento das atividades do ciclo de desenvolvimento ontológico, explicando mais claramente termos técnicos, questões lógicas e filosóficas envolvidas na construção de ontologias. Como resultados práticos atuais da OntoForInfoScience, apresenta-se parte do conteúdo de duas ontologias desenvolvidas com tal metodologia: (i) Hemonto: uma ontologia biomédica sobre os componentes do sangue humano utilizados para hematologia e hemoterapia; e (ii) Ontolegis: uma ontologia de domínio jurídico que representa o conhecimento relativo à informação legislativa brasileira sobre o direito médico. Conclui-se que a OntoForInfoScience foi de grande utilidade para a criação de representações ontológicas formais em ambos os domínios modelados, e seus detalhamentos permitiram auxiliar os desenvolvedores em questões lógicas e filosóficas do processo de construção e no entendimento de conceitos técnicos de ontologias.

Palavras-chave: Ontologia. Desenvolvimento de ontologias. Hematologia. Direito médico.

Bulding ontologies with ontoforinfoscience methodology: a detailed approach to the activiyies of ontology development

ABSTRACT

In the use of ontologies as knowledge information systems (KOS) for purposes of representation, organization and information retrieval, one of the biggest challenges is the ontology development process, which is complex and requires specific technical knowledge of the developers. In the recent years, several methodologies have been developed to support the ontologies building, which have steps well established, but not always well detailed for developers, causing problems in the ontologies development. This paper describes a methodology for the ontologies development, called OntoForInfoScience, which has a differential the detail of the activities of the ontology development cycle, explaining more clearly technical terms, logical and philosophical issues involved in the construction of ontologies. As current practical results of OntoForInfoScience, we presented part of the content of two ontologies developed with such methodology: (i) Hemonto: a biomedical ontology on the human blood components used for hematology and hemothrapy; (ii) Ontolegis: a legal domain ontology that represents the knowledge related to Brazilian legislative information on medical law. It is concluded that the OntoForInfoScience was very useful for the construction of formal ontological representations in both domains modeled and their details allowed to help the developers in logical and philosophical questions of the process of development and in the understanding of technical concepts of ontologies.

Keywords: *Ontology. Ontologies development. Hematology. Medical law.*

Construyendo ontologías con la metodología ontoforinfoscience: un enfoque detallado de las actividades del desarrollo ontológico

RESUMEN

En la utilización de ontologías como sistemas de organización del conocimiento para fines de representación, organización y recuperación de la información, uno de los mayores desafíos es el proceso de construcción de la ontología, el cual es complejo y exige conocimientos técnicos específicos de los desarrolladores. En los últimos años, diversas metodologías han sido desarrolladas para auxiliar en la construcción de ontologías, las cuales poseen pasos bien establecidos pero no siempre bien detallados a los desarrolladores, causando problemas en el desarrollo de ontologías. El presente artículo describe una metodología para la construcción de ontologías, denominada OntoForInfoScience, que tiene como diferencial el detalle de las actividades del ciclo de desarrollo ontológico, explicando más claramente términos técnicos, cuestiones lógicas y filosóficas involucradas en la construcción de ontologías. Como resultados prácticos actuales de OntoForInfoScience, se presenta parte del contenido de dos ontologías desarrolladas con tal metodología: (i) Hemonto: una ontología biomédica sobre los componentes de la sangre humana utilizados para hematología y hemoterapia; (ii) Ontolegis: una ontología de dominio jurídico que representa el conocimiento relativo a la información legislativa brasileña sobre el derecho médico. Se concluye que la OntoForInfoScience fue de gran utilidad para la creación de representaciones ontológicas formales en ambos dominios modelados y sus pormenores permitieron auxiliar a los desarrolladores en cuestiones lógicas y filosóficas del proceso de construcción y en el entendimiento de conceptos técnicos de ontologías.

Palabras clave: *Ontología. Desarrollo de ontologías. Hematología. Derecho médico.*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos pôde-se perceber crescimento significativo em pesquisas e aplicações que fazem uso de ontologias como instrumentos de representação do conhecimento dos mais diversos domínios. As possibilidades de uso de ontologias em ciência da informação e em áreas correlacionadas foram reforçadas pelo grande volume e diversidade de dados manipulados na Web, e também pelo avanço no uso de tecnologias semânticas, as quais fazem parte do que se convencionou chamar de Web semântica (Breitman, 2005). No contexto informacional atual, ontologias desempenham papel central, sendo amplamente utilizadas em aplicações das áreas de Organização do Conhecimento, *Business Intelligence*, *Big Data* e *Data Science*.

Os instrumentos utilizados para representação do conhecimento tais como ontologias, tesouros, taxonomias, entre outros, são comumente denominados na atualidade sistemas de organização do conhecimento (SOC), termo traduzido do original em inglês Knowledge Organization Systems (KOS). Os SOCs são instrumentos que tratam da representação do conteúdo de documentos para fins de armazenamento, organização, recuperação e compartilhamento de informação. A utilização de ontologias como um SOC é o seu uso mais comum no âmbito da ciência da informação, com destaque para representação e organização do conhecimento especializado dos mais diversos campos da biomedicina. Smith (2004) afirma que ontologias são utilizadas na padronização dos vocabulários médicos como uma alternativa às terminologias médicas tradicionais, por possuírem maior expressividade na representação do conhecimento e devido ao uso de formalismos lógicos. Além disso, ontologias possibilitam representar o conhecimento de forma mais próxima da realidade, o que é fundamental para a biomedicina (FREITAS E SCHULZ, 2009).

O processo de construção de uma ontologia é complexo, pois envolve a criação de modelos semânticos ou descrições simplificadas da realidade de um dado domínio e também exige dos desenvolvedores conhecimentos técnicos em modelagem conceitual, em lógica formal e em alguns aspectos filosóficos. Para apoiar os desenvolvedores, nos últimos anos diversas metodologias foram criadas para esse fim, tais como: metodologia de Uschold e King (1995); metodologia de Gruninger e Fox (1995); *Methontology* (Gómez-Perez, Fernandez-Lopes e Vicente, 1996); metodologia NeOn (Suaréz-Figueroa, 2008), entre outras. Em uma análise geral, tais metodologias possuem passos bem estabelecidos do processo de construção, nem sempre bem detalhados aos desenvolvedores, causando problemas como, por exemplo, criação de relações ontológicas muito genéricas e imprecisas, ausência de definições formais para as classes e relações, entre outros.

O presente artigo apresenta uma metodologia nova e mais detalhada para construção de ontologias, denominada *OntoForInfoScience*, e seus resultados práticos alcançados no desenvolvimento de duas ontologias de domínio: (i) a *Hemonto*: uma ontologia biomédica sobre os componentes do sangue humano utilizados para hematologia e hemoterapia; e (ii) a *Ontolegis*: uma ontologia de domínio jurídico que representa o conhecimento relativo à informação legislativa brasileira sobre o direito médico.

De acordo com Mendonça (2015), a *OntoForInfoScience* tem como principal diferencial em relação às outras metodologias disponíveis, um detalhamento das atividades necessárias do ciclo de desenvolvimento ontológico, a fim de auxiliar especialistas em organização do conhecimento, incluindo cientistas da informação, a superar problemas relativos ao jargão técnico e às questões lógicas e filosóficas que envolvem a construção de ontologias.

Evidentemente, a soluo de tais problemas no contexto da cincia da informao demanda muitas outras aes, como por exemplo, a discusso e insero de requisitos de formao tcnica-acadmica nas disciplinas da rea, as quais so necessrias, mas extrapolam o escopo da presente pesquisa. Ainda sim, a metodologia *OntoForInfoScience* representa uma iniciativa em direo a maior entendimento de termos e detalhes tcnicos (lgicos e filosficos) do processo de desenvolvimento de ontologias por parte dos cientistas da informao.

Com relao ao processo de construo das ontologias de domnio *Hemonto* e *Ontolegis*, a metodologia *OntoForInfoScience* possibilitou detalhar o emprego de ontologias de fundamentao, a criao de definies formais para classes (derivadas de definies textuais), a caracterizao dos diferentes tipos de relaes ontolgicas, dentre outras questes tcnicas. Os detalhamentos se mostraram teis para guiar os desenvolvedores de ontologias ao longo de toda a atividade.

O restante do presente artigo est organizado da seguinte forma. A segunda seo apresenta alguns dos principais problemas atualmente identificados na construo de ontologias. A terceira seo descreve, brevemente, as etapas para o desenvolvimento ontolgico atravs da *OntoForInfoScience*. A quarta seo destaca o processo de construo das ontologias *Hemonto* e *Ontolegis*, apresentando parte do contedo de tais ontologias. E, por fim, a quinta seo traz as concluses e consideraes finais sobre a pesquisa apresentada neste artigo.

PROBLEMAS NA CONSTRUO DE ONTOLOGIAS

Mesmo com o crescimento notvel das atividades de pesquisa sobre ontologias e de suas aplicaes prticas na Web nos ltimos anos, algumas necessidades e problemas da rea permanecem em aberto, talvez em funo da imaturidade de ser uma rea de pesquisa e aplicao recente. Dentre os problemas identificados, atualmente, aqueles que foram objeto de estudo desta pesquisa correspondem aos problemas que surgem ao longo do processo de construo de uma ontologia.

De fato, o processo de construo de uma ontologia complexa e exige do seu desenvolvedor uma compreenso apropriada do domnio a ser representado, alm de conhecimentos tcnicos em modelagem conceitual, formalismos lgicos e at mesmo em fundamentos filosficos.

A fim de apoiar os desenvolvedores no processo de construo de ontologias, diferentes metodologias e mtodos de construo foram elaborados e publicados na literatura da rea. Cronologicamente, houve uma proliferao de metodologias para construo de ontologias entre meados da dcada de 90 e o incio dos anos 2000. Nesse perodo surgiram as metodologias at hoje mais referenciadas por pesquisas na rea, tais como: metodologia de Uschold e King (1995) – *Enterprise Ontology*; metodologia de Gruninger e Fox (1995) – *Toronto Virtual Enterprise (TOVE)*; a *Methontology* (Gmez-Perez, Fernandez-Lopes e Vicente, 1996); o mtodo 101 de Noy e McGuinness (2001); o mtodo CYC de Reed e Lenat (2002); a *On-To-Knowledge Methodology (OTKM)* (Sure, Staab e Stuber 2003); dentre outras. De meados dos anos 2000 at hoje, surgiram outras metodologias de construo bem referenciadas na rea, tais como a metodologia NeOn (Suarz-Figueroa, 2008) e a *Up for ONtology (UPON)* (De Nicola, Missikoff e Navigli, 2009).

Mesmo com a disponibilidade atual de nmero significativo de metodologias para ontologias, diversos problemas relacionados ao seu uso permanecem em aberto. Para apresentar tais problemas optou-se por separ-los em duas classes mais gerais de problemas: (i) a primeira est relacionada com as limitaes atuais das metodologias de construo; e (ii) a segunda engloba os problemas identificados nas ontologias decorrentes de um processo de construo mal conduzido. Os problemas relacionados com as metodologias de construo impactam diretamente a segunda classe de problemas.

Entretanto, é importante considerar que nem todos os problemas da segunda classe são culpa das metodologias de construção, tais como: erros decorrentes do projeto ontológico, de especificação, de não avaliação e não documentação da ontologia, além de desconhecimento ou falha humana dos desenvolvedores no processo de construção.

Sobre os problemas relacionados às metodologias para construção de ontologias, pode-se afirmar que:

- não há um padrão de construção ou uma metodologia unificada que seja amplamente aceita para o desenvolvimento de ontologias (Uschold e Gruninger, 1996; Jones, Bench-Capon e Visser, 1998; Fernández-Lopez, 1999; Fernández-Lopez e Corcho, 2004; Breitman, 2005; Cardoso, 2007). Tais metodologias, ainda hoje, não são consideradas suficientemente “maduras” como as metodologias empregadas na área de engenharia de software;
- as metodologias atuais apresentam abordagens e características diversas, sendo direcionadas a propósitos e aplicações específicas (FERNANDÉZ-LOPEZ, 1999), tais como aquelas dedicadas ao domínio dos negócios;
- em relação a detalhes das atividades e dos procedimentos para sua condução, algumas metodologias e métodos mostram-se superficiais na elucidação dos passos para construção de ontologias, parecendo até considerar que o ontologista já domina o assunto sobre construção de ontologias e não necessita de detalhes acerca de atividades e procedimentos envolvidos (SILVA, SOUZA E ALMEIDA, 2008);
- algumas abordagens dão mais ênfase a atividades de desenvolvimento, principalmente para implementação da ontologia, como, por exemplo, os métodos CYC e 101, desconsiderando aspectos importantes relacionados a gerenciamento do projeto, a estudo de viabilidade, à manutenção e à avaliação de ontologias (SILVA, SOUZA E ALMEIDA, 2008);

- o uso recorrente de conceitos específicos da área de ciência da computação não explicados adequadamente aos demais desenvolvedores de ontologias dificulta seriamente o trabalho de construção de ontologias por parte de profissionais que não são da área computacional. Herança múltipla, cardinalidade, tipos de dados (string, inteiro, real, booleano), classe abstrata, classe disjunta são apenas alguns exemplos de conceitos comuns em ciência da computação, necessários na construção de ontologias, não explicados aos desenvolvedores nas metodologias.

A segunda classe de problemas relacionados à construção de ontologias engloba os problemas de conteúdo de uma ontologia, decorrentes de processos de desenvolvimento mal conduzidos. Dentre tais problemas pode-se identificar os seguintes:

- inclusão de relações que não são genuinamente ontológicas (MUNN E SMITH, 2008);
- criação e definição de relações de maneira intuitiva, com base em nossa própria experiência de vida (MUNN E SMITH, 2008);
- criação de instâncias como classes, tornando a hierarquia da ontologia excessivamente especializada (NOY E MCGUINNES, 2001);
- inclusão de heranças múltiplas: uma subclasse da ontologia que está ligada a mais de uma superclasse (SMITH, 2005);
- utilização imprópria da relação *is_a* entre classes da ontologia, misturando os diferentes tipos de relação *is_a* que podem existir, tais como instanciação, especialização e equivalência (POVEDA-VILLALÓN, 2010);
- criação e utilização de relações todo-parte (*has_part* e *part_of*) ambíguas e inconsistentes (BITTNER E DONNELLY, 2007);
- não caracterização ou não utilização dos diferentes tipos de relação *part_of* existentes no domínio representado pela ontologia (KEET E ARTALE, 2008);

- definio de relaes muito genricas (CEUSTERS et al., 2004);
- construo de definies formais de classes e de relaes de forma imprecisa (SCHULZ, 2006).

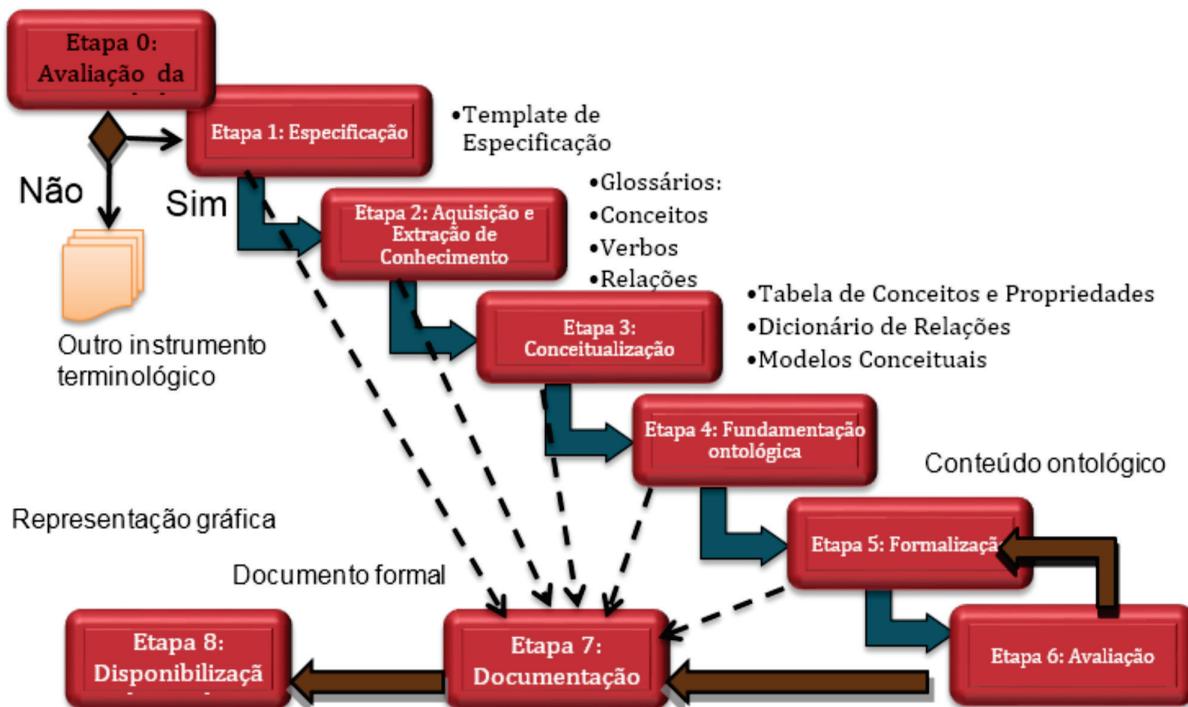
METODOLOGIA ONTOFORINFOSCIENCE

A metodologia *OntoForInfoScience* foi criada com o propósito de possibilitar que especialistas em organizao do conhecimento, incluindo cientistas da informao e outros desenvolvedores, possam superar problemas relativos ao jargão técnico e às questes lgicas e filosóficas no desenvolvimento de ontologias (MENDONÇA, 2015). Para tanto, a *OntoForInfoScience* detalha os passos necessrios do processo de construo de ontologias em uma linguagem simples e adequada a profissionais diversos, caracterstica que a diferencia das atuais metodologias existentes.

Ainda que apresente uma caracterstica particular, a metodologia *OntoForInfoScience* tambm se baseou em algumas etapas de metodologias j existentes, especificamente a *Methontology*, o método 101 *Method* e metodologia *NeOn*, a fim de reutilizar algumas etapas e suprir as limitaes presentes em cada uma delas: detalham-se as etapas e passos reutilizados, alm de realizar adaptaes necessrias para obter uma linguagem apropriada a todos desenvolvedores de ontologia.

A metodologia *OntoForInfoScience* engloba, ao todo, uma pr-etapa e oito etapas, conforme apresentado na figura 1. No restante da presente seo apresenta-se breve descrio dessas etapas. A descrio completa est disponvel em Mendonça (2015).

Figura 1 – Etapas da metodologia *OntoForInfoScience*



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Na pré-etapa, o desenvolvedor realiza uma avaliação prévia sobre a real necessidade da construção de uma ontologia para o problema analisado. Se o objetivo desse desenvolvimento consiste, por exemplo, unicamente na indexação e recuperação de informações em um domínio específico, a construção de um tesouro é suficiente. Entretanto, se o objetivo consiste na representação de aspectos e objetos do mundo real e também a necessidade do uso de relações mais extensíveis do que aquelas contidas em vocabulários controlados, a construção de uma ontologia é fundamental.

Decidida a necessidade de desenvolver a ontologia, inicia-se a sequência de etapas do processo de construção. Na etapa 1 realiza-se a especificação da ontologia através do *template* de especificação, o qual deve conter informações sobre o domínio e escopo, propósito geral, classes de usuários que representam o público-alvo da ontologia, cenários de aplicação para uso da ontologia e o grau de formalidade. Estabelece-se também o tipo da ontologia: ontologia de alto ou médio nível, de domínio ou de tarefa; ontologia leve ou pesada. Por fim, delimita-se o escopo de cobertura da ontologia descrevendo-se o ponto de partida, o limite do domínio coberto e questões de competência.

A etapa 2 consiste na aquisição e extração de conhecimento, que engloba as atividades de seleção dos materiais de referência do domínio e a adoção de métodos de extração do conhecimento. Na *OntoForInfoScience*, essas atividades são conduzidas para combinar diferentes métodos de extração, como: análise textual e manual de textos, extração terminológica automática, método semiautomático de identificação de conceitos do domínio. Além disso, busca-se colaboração, isto é, a aquisição de conhecimento envolvendo diferentes visões do domínio a partir de consulta a especialistas diversos. Os artefatos resultantes da etapa 2 são glossários de conceitos, de verbos e de relações, os quais são utilizados como parâmetros de entrada na etapa 3.

Na etapa 3, de conceitualização, são realizadas atividades como identificação e análise dos conceitos do domínio, que serão incluídos como classes da ontologia. Além disso, realiza-se a organização e a estruturação do conhecimento a fim de obter relações, propriedades e restrições da ontologia. Na *OntoForInfoScience* esse processo ocorre a partir da transformação dos glossários construídos na etapa anterior em artefatos conceituais da etapa 3, os quais correspondem ao seguintes: i) tabela de conceitos e propriedades, que contém os conceitos identificados e validados, suas definições, seus termos sinônimos, seus valores possíveis e suas propriedades (restrições) a nível conceitual; ii) dicionário de verbos, que contém os verbos identificados e validados como candidatos à relação na ontologia e suas definições textuais; e iii) os modelos conceituais gráficos, que representam as relações conceituais entre os conceitos identificados através de grafos ou estruturas similares.

A etapa 4 corresponde à fundamentação da ontologia desenvolvida, isto é, o desenvolvedor deve pesquisar por ontologias de fundamentação que atuem como ponto de partida e escolher aquela mais apropriada ao objetivo proposto. Ao fazer a escolha, o desenvolvedor deve considerar a abordagem filosófica subjacente à ontologia de fundamentação, para justificar decisões ontológicas na modelagem do domínio. A ontologia de fundamentação selecionada deve ser importada para um editor de ontologias para início implementação.

Na etapa 5 realiza-se a representação formal da ontologia através de uma linguagem lógica. Nessa etapa produz-se a descrição formal do domínio a partir da conceitualização anterior (etapa 3). Portanto, o conhecimento do domínio, tratado anteriormente apenas em nível conceitual, passa a ser tratado em nível ontológico-formal, o que implica uma série de adaptações nas estruturas conceituais a fim de atender às restrições ontológicas e formais. Estão incluídas como atividades: i) construir a taxonomia geral da ontologia, baseada na estrutura da taxonomia da ontologia de fundamentação escolhida; ii) definir propriedades descritivas das classes, as quais envolvem apenas atributos textuais, tais como nomes, sinônimos, definições textuais e anotações;

iii) criar definies formais para cada uma das classes da ontologia usando uma linguagem lgica, de modo que a definio formal seja derivada da definio textual elaborada no passo anterior; iv) definir propriedades de dados das classes, as quais envolvem atributos como tipos de dados, cardinalidade e uso dos quantificadores universais ou existenciais; v) criar instncias das classes da ontologia, a fim de testar o funcionamento da ontologia; vi) especificar relaes ontolgicas, o que consiste na aplicao de um conjunto definido de regras e princpios para a transio das relaes conceituais para o nvel formal-ontolgico. Dentre essas regras, tm-se como exemplos: a restrio à incluso de relaes a apenas aquelas identificadas como entidades da realidade, a caracterizao dos tipos de uma relao ontolgica, tais como tipos *is_a* e tipos *part_of*, dentre outras; vii) definir propriedades das relaes ontolgicas, as quais incluem o nome da relao, a definio semiformal, a propriedades lgicas bsicas, o domnio e a faixa, dentre outras.

A etapa 6 envolve a avaliao da ontologia que, no caso da *OntoForInfoScience*, corresponde a um conjunto de critrios que permitem realizar tanto a validao ontolgica (adequao da ontologia ao domnio – mundo real) quanto a verificao ontolgica (anlise da ontologia quando à correo de sua construo). Exemplos de critrios de validao so natureza ontolgica, universalidade de classes e relaes e grau de representatividade do domnio. Exemplos de critrios de verificao so a no recursividade nas definies, a especificao dos diferentes tipos da relao *part_of*, a definio de relaes inversas e criao de cardinalidades.

Na etapa 7, de documentao, produz-se o documento formal da ontologia. A elaborao da documentao é realizada, praticamente, ao longo de todo o processo de construo. O contedo do documento formal da ontologia engloba o documento de especificao (etapa 1), materiais ou documentos de referncia do domnio (etapa 2), conjunto de modelos conceituais (etapa 3), ontologias reutilizadas (etapas 4 e 5), contedo ontolgico-formal (etapa 5), documento de avaliao da ontologia (etapa 6).

Por fim, a etapa 8 cuida para que a ontologia desenvolvida seja disponibilizada em meio eletrnico de fcil acesso e visualizao aos usurios.

Como passos desta etapa, tem-se: i) a exportao do contedo formal da ontologia (desenvolvido na etapa 5), atravs de algum editor de ontologias para alguma linguagem lgica, em geral a *Ontology Web Language* (OWL), para disponibilizao na web; ii) a apresentao da ontologia em formato grfico para mais fcil entendimento pelos usurios, o que pode incluir tanto um documento esttico, quanto uma interface de busca ao contedo da ontologia.

ONTOLOGIAS DESENVOLVIDAS COM A ONTOFORINFOSCIENCE

Como resultados prticos da *OntoForInfoScience* foram desenvolvidas, at o presente momento, duas ontologias de domnio utilizando a metodologia: (i) *Hemonto*: uma ontologia biomdica de domnio que representa o conhecimento relativo aos componentes do sangue humano (hemocomponentes e hemoderivados) usados para fins teraputicos (MENDONÇA E ALMEIDA, 2013) (MENDONÇA, 2015); (ii) *Ontolegis*: uma ontologia de domnio jurdico que representa o conhecimento relativo à informao legislativa brasileira sobre o Direito Mdico (TORRES, 2017). Ambas as ontologias possuem carter cientfico e social relevante, uma vez que podem ser consideradas ineditas cada qual no seu domnio e representam conhecimento essencial de domnios muito importantes para a populao em geral, servindo como instrumento de apoio aos especialistas de cada uma dessas reas. A presente seo discorre brevemente sobre tais ontologias, evidenciando os resultados alcanados com a aplicao dos passos da *OntoForInfoScience* no processo de construo.

HEMONTO

A *Hemonto* foi a primeira ontologia desenvolvida utilizando a metodologia *OntoForInfoScience*, de tal forma que seu desenvolvimento serviu como primeiro resultado prático da aplicabilidade das etapas e atividades previstas na *OntoForInfoScience*. Do ponto de vista de representatividade do domínio, a *Hemonto* foi desenvolvida no âmbito de um projeto de escopo maior – o *Blood Project*¹ – que tem por objetivo gerar uma linguagem formal sobre o sangue humano, considerando a carência atual de representações em tal domínio.

Em sua versão atual, a *Hemonto* engloba um total de 209 termos, dos quais 155 são classes e 54 são relações. Seguindo a nomenclatura da ontologia Basic Formal Ontology (BFO) (GRENON E SMITH, 2004), 113 classes são continuantes e 41 classes são ocorrentes. A origem de cada uma dessas classes e relações da *Hemonto* é apresentada na tabela 1, a seguir.

Seguindo as etapas e atividades incluídas na *OntoForInfoScience*, a especificação da ontologia *Hemonto* (etapa 1) foi realizada através do *template* de especificação da metodologia e suas orientações. Dentre os elementos de especificação da *Hemonto*, temos: (i) propósito geral da ontologia: orientar profissionais das áreas de saúde e da informação sobre os procedimentos adequados na extração, manipulação e armazenamento dos componentes do sangue utilizados para fins hemoterapêuticos; (ii) escopo de cobertura da ontologia: como ponto de partida entidades do mundo real, categorizados por meio das classes da ontologia BFO; e o termo “sangue” (*portion of blood*) importado da ontologia FMA. Como limite de cobertura os componentes caracterizados como proteínas e enzimas presentes no sangue humano, os quais são representados e definidos em ontologias específicas desse subdomínio: a Gene Ontology (GO), a Chemical Biomedical Investigations (ChEBI) e a Cell Ontology (CL).

Tabela 1– Origem das classes da HEMONTO

Classes		Relações	
Ontologia de origem	Núm.	Ontologia de Origem	Núm.
HEMONTO (específicas)	62	HEMONTO (específicas)	14
Basic Formal Ontology (BFO)	34	Basic Formal Ontology (BFO)	20
Foundational Model Anatomy (FMA)	22	Relation Ontology (RO)	18
Protein Ontology (PRO)	14	Gene Ontology (GO)	2
Cell Ontology (CL)	9		
Chemical Entities of Biological Interest (ChEBI)	4		
Measurement Method Ontology (MMO)	4		
Gene Ontology (GO)	4		
Ontology for Biomedical Investigations (OBI)	1		
Phenotypic Quality Ontology (PATO)	1		
National Drug File Reference Terminology (NDF-RT)	1		
Total:	155	Total:	54

Total de entidades: 209

¹Disponível em <http://mba.eci.ufmg.br/blood/>. Acesso em 26 de junho de 2017.

Para aquisição e extração do conhecimento do domínio (etapa 2), foram utilizados os seguintes documentos de referência no domínio do sangue, levantados com o apoio de especialistas da área que trabalham na instituição Hemominas²: i) guia de hemocomponentes do Ministério da Saúde brasileiro; ii) padrão terminológico internacional ISBT 28 (ICCBBA, 2010); iii) manual técnico sobre sangue e terapia celular da American Association of Blood Banks (AABB, 2005); iv) livro-texto sobre hematologia clínica Wintrobe's Clinical Hematology 12a edição (GREER et al., 2009). Quanto aos métodos de extração de conhecimento, foram utilizados: i) o software de análise linguística SketchEngine³ para o processo de extração terminológica de termos frequentes encontrados nos documentos; ii) o framework colaborativo Conceptualization Modelling Environment (ConceptME) (SOUSA et al., 2013) para identificação e extração semiautomática de conceitos e relações do domínio; e iii) análise de assunto dos textos dos materiais de referência para identificação de conceitos e relações candidatas.

Na etapa de conceitualização (etapa 3) foram produzidos os seguintes artefatos: (i) um dicionário de conceitos; (ii) um dicionário de verbos; (iii) uma tabela de conceitos e propriedades; (iv) um conjunto de modelos conceituais gráficos do domínio do sangue utilizando as ferramentas *ConceptMe*⁴, *DiagramEditor*⁵ e *OmniGraffle*⁶. Como exemplo desse modelos conceituais, apresenta-se na figura 2 um mapa conceitual que representa o processo de obtenção dos componentes do sangue derivados do plasma. Os conceitos em azul são equivalentes às classes importadas da ontologia FMA e os demais conceitos são específicos da *Hemonto*.

Na etapa 4, fundamentação ontológica, foram adotadas duas ontologias de fundamentação: i) Basic Formal Ontology (BFO) (GRENON E SMITH, 2004), que foi usada como ponto de partida para a construção da *Hemonto* e na definição das classes mais gerais; ii) Relation Ontology (RO) (SMITH et al, 2005), utilizada para especificação de relações ontológicas entre as classes do domínio. O conteúdo OWL de ambas as ontologias foi importado usando o editor de ontologias Protégé 4.3 para dar início ao desenvolvimento específico da ontologia.

A formalização da *Hemonto* (etapa 5) foi realizada a partir dos seguintes passos: i) construção da taxonomia geral da ontologia, tomando como ponto de partida as entidades mais gerais da BFO e categorizando as entidades específicas do sangue abaixo delas; ii) definição das propriedades descritivas das classes junto ao fornecimento dos atributos textuais correspondentes no Protégé 4.3 (*ID, label, imported_from, hasSynonym, definition, comments*, etc.); iii) criação de definições formais em OWL-DL para cada classe da ontologia dentro do Protégé (vide exemplo de definição da classe "*portion of plasma*" na figura 3); iv) definição das propriedades de dados das classes para representar as características de cada componente do sangue, tais como: volume apropriado, porcentagem de hematócritos, temperatura de armazenamento, validade, entre outras; v) criação de instâncias das classes usando um conjunto de regras básicas, que envolvem a identificação de instâncias via questões de competência; vi) especificação de relações ontológicas a partir das regras e princípios para transição das relações conceituais para o nível formal-ontológico, tais como tipos de relações *is_a* e tipos de relações *part_of*; vii) definição das propriedades descritivas e lógicas de cada relação da ontologia, utilizado atributos correspondentes no Protégé (*label, definition, characteristics, inverse_of, domains, ranges*, etc.).

O conteúdo ontológico formalizado nessa etapa 5 foi representado através dos dicionários gerais de classes e relações da ontologia e também como conteúdo do Protégé 4.3, expresso na linguagem OWL/XML. A tabela 2, a seguir, mostra exemplos de algumas entidades definidas formalmente na *Hemonto* e incluídas nos dicionários de classes e relações da ontologia.

²Hemominas é uma fundação centro de hematologia e hemoterapia do estado de Minas Gerais, vinculado à Secretaria do Estado (SES-MG), que tem por finalidade assegurar unidade de comando e direção às políticas estaduais relativas à hematologia e hemoterapia, garantindo à população a oferta de sangue e hemoderivados de qualidade (Hemominas, 2017).

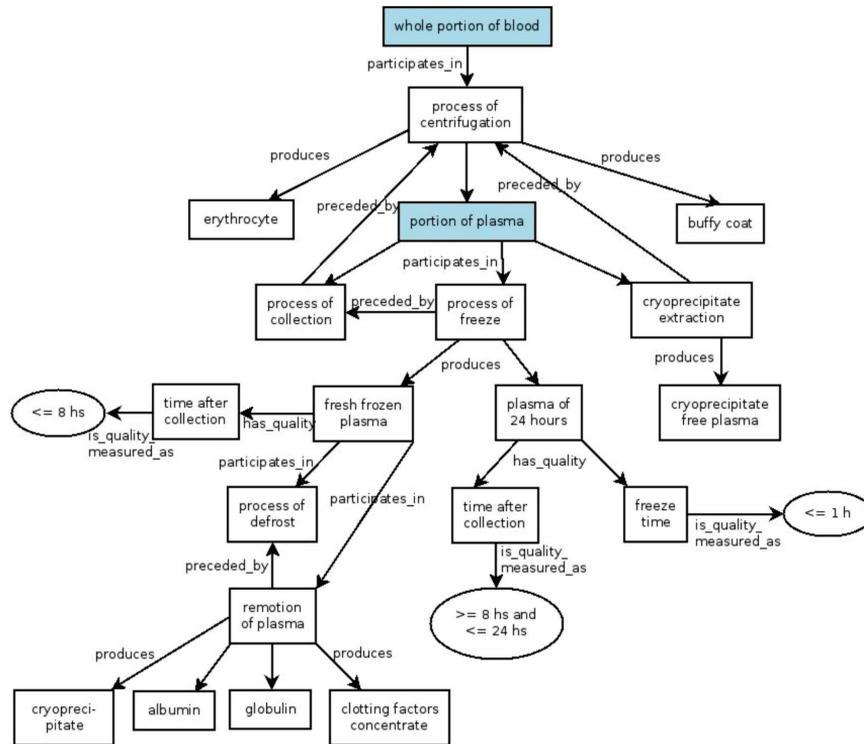
³Disponível em: <http://Sketch Engine.co.uk/>. Acesso em 26 de junho de 2017.

⁴Disponível em: http://www.conceptme.pt/conceptme/index.php/Main_Page. Acesso em 26 de junho de 2017.

⁵Disponível em: <http://dia-installer.de/>. Acesso em 26 de junho de 2017.

⁶Disponível em: <https://www.omnigroup.com/omnigraffle>. Acesso em 26 de junho de 2017.

Figura 2 – Mapa conceitual do processo de obtenção dos componentes derivados do plasma

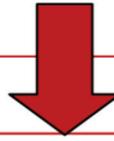


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Figura 3 – Exemplo de definição formal de classe na ontologia

Portion of plasma: definição textual

Da FMA - Portion of plasma: portion of body substance corresponding to the liquid component of blood in which blood cells are immersed.



Anotação da definição textual

Da FMA - Portion of plasma: portion of body substance [FMA/HEMONTTO: *portion of body substance*] **corresponding to** [BFO: *has_quality*] the liquid [FMA/HEMONTTO: *liquid*] **component of** [RO: *part_of*] blood [FMA/HEMONTTO: *portion of blood*] in which blood cells [FMA/HEMONTTO: *blood cell*] **are immersed** [RO: *contains*].



Portion of plasma: definição formal (em lógica OWL-DL)

Portion of plasma is_a *portion of body substance* and (**has_quality liquid**) and (**part_of portion of blood**) and (**contains blood cell**).

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Tabela 2 – Formalismos e axiomas lgicos das entidades da Hemonto

Entidade (classe ou relao)	Propriedades
<p><i>whole portion of blood</i></p> <p>Sinônimos: <i>entire portion of blood; maximum portion of blood; portion of blood in whole body</i></p>	<p>Importado de: FMA: <i>whole portion of blood</i> (FMAID: 263001)</p> <p>Definio textual: <i>Portion of blood collected into an anticoagulant and not further processed.</i></p> <p>Definio formal: <i>is_a 'portion of blood' collected_in some anticoagulant and not (separated)</i></p> <p>Comentrios: <i>A unit of blood collected into an anticoagulant and not further processed unless otherwise specified.</i></p>
<p><i>anticoagulant</i></p> <p>Sinônimos: <i>anticoagulante, anticoagulants</i></p>	<p>Importado de: CHEBI: <i>anticoagulant</i> (CHEBI: 50249)</p> <p>Definio textual: <i>An agent that prevents blood clotting.</i></p> <p>Definio formal: <i>is_a realizable_entity and prevent_of some 'blood coagulation'</i></p>
<p><i>collected_into</i></p>	<p>Origem: HEMONTO</p> <p>Definio semi-formal: C collected_into P – Relao ontolgica identificada entre um continuante C e um ocorrente P, que uma entidade realizvel, tal que o continuante C extraído ou coletado atravs de algum meio ou processo, que corresponde à entidade realizvel P.</p> <p>Domnio: <i>material_entity</i></p> <p>Imagem: <i>realizable_entity</i></p> <p>Relao inversa: <i>has_collected</i></p> <p>Exemplo de uso: <i>whole portion of blood is_a 'portion of blood' collected_in some anticoagulant and not (separated)</i></p>
<p><i>participates_in</i></p>	<p>Origem: RO (RO_ID: 0056)</p> <p>Definio textual: <i>A relation between a continuant and a process, in which the continuant is somehow involved in the process.</i></p> <p>Definio formal: $"x,y(participates_in_{it}(x,y) \equiv mp_{part_of}(x,y)^{ED(x)^{PD}(y)})$ onde ED é um endurente ou continuante e PD é um perdurante ou ocorrente.</p> <p>Relao inversa: <i>has_participant</i></p> <p>Domnio: <i>continuant</i></p> <p>Imagem: <i>occurrent</i></p> <p>Exemplo de uso: <i>plasma-extractors participates_in process of separation of the plasma this blood clot participates_in this blood coagulation</i></p>

Na etapa 6 foi realizada a avaliao do contedo ontolgico da *Hemonto* com base no conjunto de critrios para validao e verificao ontolgicas. Tais critrios abrangem aspectos relativos ao compromisso ontolgico, especificao da ontologia, validao por especialistas, expansibilidade, completude, integridade, consistncia, preciso e documentao.

A documentao da *Hemonto* foi construda ao longo de todo processo de desenvolvimento e concluda na etapa 7, visando produzir um documento formal. J na etapa 8, realizou-se a disponibilizao da ontologia por meio da linguagem OWL/XML, obtida pela exportao atravs do Protg. Alm disso, usando o plug-in OWL-Doc deste editor de ontologias, gerou-se um documento em formato textual da *Hemonto* para acesso geral de seu contedo por parte de quaisquer tipos de usurios.

ONTOLEGIS

A ideia para a construção de uma ontologia para representação da informação legislativa sobre o Direito Médico – a *Ontolegis* - emergiu da necessidade de se organizar o conhecimento altamente especializado das leis brasileiras que regulamentam o exercício legal da medicina, e que devido ao seu volume excessivo e a terminologia empregada, afetam sua aplicação prática (TORRES, 2017). Uma ontologia em tal domínio contribui para organização da informação jurídica relacionada e, conseqüentemente, para a transparência das ações do Estado em uma sociedade democrática.

De maneira mais específica, França (2014) destaca que os temas principais tratados no Direito Médico são: o exercício legal da medicina, a prescrição no processo administrativo, o segredo médico, o erro médico, a omissão de socorro, a responsabilidade médica, o Código de Defesa do Consumidor, os transplantes de órgãos e tecidos, o aborto e a eutanásia; os quais são representados por entidades do domínio jurídico dentro da *Ontolegis*.

Torres (2017) observa que a escolha da *OntoForInfoScience* para o desenvolvimento da *Ontolegis* se deu em função de tal metodologia apresentar maior detalhamento de etapas para a construção de uma ontologia, ser direcionada para cientistas da informação, estar em português e fazer referência à ontologia de fundamentação BFO.

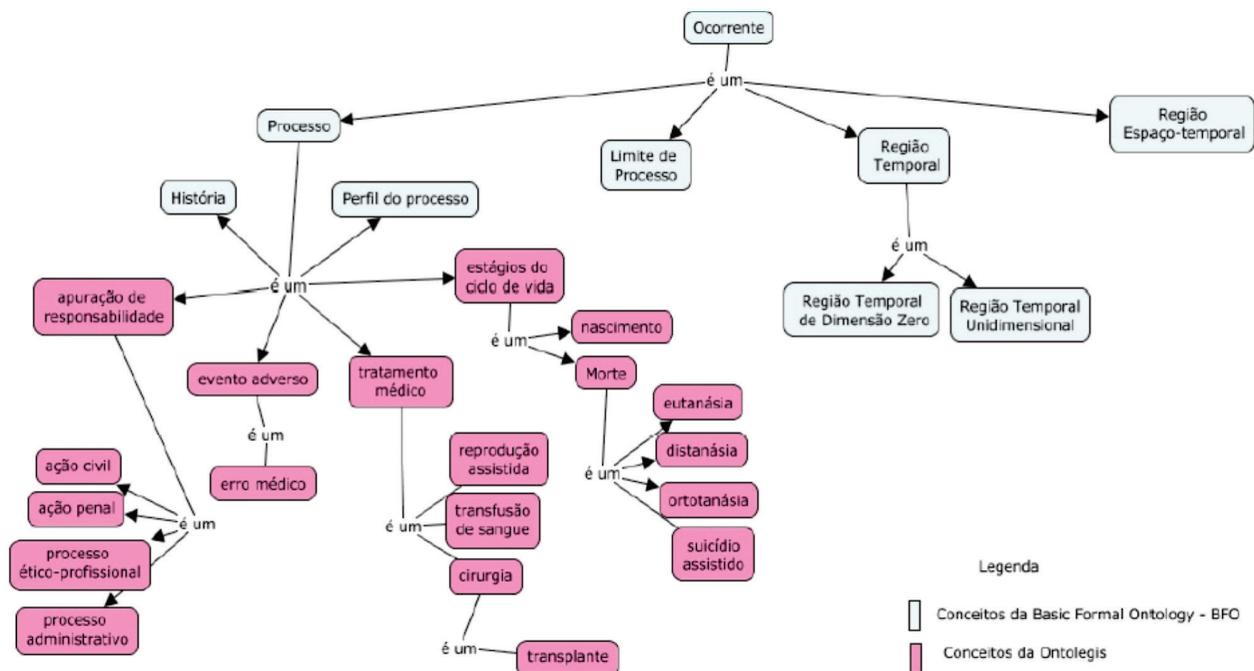
Seguindo as etapas e atividades prescritas na *OntoForInfoScience*, a *Ontolegis* foi especificada (etapa 1) utilizando o *template* de especificação da metodologia, o qual define informações sobre a ontologia tal como seu propósito geral: a *Ontolegis* tem por objetivo possibilitar a sistemas de informação, pacientes, profissionais de saúde e operadores do Direito respostas às questões jurídicas sobre as relações existentes entre médicos e pacientes, planos de saúde, clínicas, hospitais, laboratórios e políticas públicas de saúde (TORRES, 2017).

Para aquisição do conhecimento do domínio tratado (etapa 2), foi formado um *corpus* de textos relevantes ao Direito Médico extraído da legislação disponível no portal do Conselho Federal de Medicina (CFM), o qual engloba as leis: 12.845, 12.842, 11.105/2005, 11000/2004, 10211/2001, 9656/1998, 9436/1997, 9434/1997, 9263/1996, 8501/1992, 8080/1990, 8142/1990, 6839/1980, 6815/1980, 6681/1979, 5991/1973, 3999/1961, 3268/1957, 4113/1942. A extração do conhecimento do *corpus* formado foi realizada combinando a análise de assunto (uma análise humana) com o uso de uma ferramenta de extração automática – o software Sobek⁷.

A etapa de conceitualização (etapa 3) da *Ontolegis* produziu os seguintes artefatos de representação: (i) uma tabela de conceitos e propriedades; (ii) uma tabela de conceitos e valores; (iii) um dicionário de verbos; e (iv) um conjunto de modelos conceituais gráficos do domínio do Direito Médico, que incluem, por exemplo, taxonomias e mapas conceituais. A figura 4, a seguir, apresenta a taxonomia das entidades ocorrentes da ontologia, tal que os conceitos em branco foram importados da BFO-PT e aqueles em rosa são específicos da *Ontolegis*.

⁷Software gratuito de mineração de textos desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), disponível em <http://sobek.ufrgs.br/about.html>. Acesso em 21 de junho de 2016.

Figura 4 – Taxonomia das entidades ocorrentes da Ontolegis



Fonte: Torres (2017).

Na etapa de fundamentao ontológica (etapa 4), foram avaliadas trs ontologias de fundamentao para reutilizao: a Basic Formal Ontology (BFO), a Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering (DOLCE) e o International Committee for Documentation – Conceptual Reference Model (CIDOC-CRM), tendo sido escolhida a BFO para o desenvolvimento da *Ontolegis*. Torres (2017) destaca tambm que houve dificuldade inicial com a aplicao da BFO, pelo fato de ela ser apresentada em ingls e a *Ontolegis* em portugus, j que a ltima é voltada à informao legislativa brasileira. Para resolver a questo, a autora criou uma verso da BFO em portugus denominada BFO-PT.

A etapa de formalizao da *Ontolegis* (etapa 5) foi conduzida com a realizao das seguintes atividades: (i) importao do arquivo OWL da ontologia BFO 2.0 utilizando o Protégé 5.0; (ii) traduo do contedo OWL importado para a lngua portuguesa criando a BFO-PT; (iii) construo da taxonomia geral da *Ontolegis*, utilizando a ferramenta *OntoBee*⁸ para pesquisa às classes do domnio em repositrios

⁸Disponvel em <http://www.ontobee.org/>. Acesso em 28 de Junho de 2017.

ontológicos existentes e informao coletadas de dicionrios especializados e vocabulrios controlados (Descritores em Cincias da Saude (DeCS), EuroVoc e tesouro das Naes Unidas) para complementar as informao dos conceitos/ classes do domnio; (iv) definio das propriedades descritivas das classes da ontologia atravs do atributo *annotations* do Protégé; (v) criao de 29 tipos de relaes semnticas do domnio de Direito Mdico, tal que 17 foram reutilizadas da Relation Ontology (RO) e outras 12 criadas como relaes especficas do domnio tratado (ver exemplo da tabela 3, a seguir); (vi) especificao das informao descritivas de cada relao criada a partir do atributo *object properties* do Protégé.

Tabela 3 – Exemplos de relaes da Ontolegis

Relao	Exemplo de uso
É assistido por	Paciente é assistido por hospital.
É autorizado por	Doao de rgos é autorizada por pacientes ou familiares.
É fiscalizado por	Mdico é fiscalizado por Conselho Federal de Medicina.

A etapa seguinte consistiu na avaliação (etapa 6) do conteúdo ontológico da *Ontolegis*, utilizando como base o conjunto de critérios para validação e verificação ontológicas da metodologia *OntoForInfoScience*. Entre os critérios e sua avaliação na ontologia temos, por exemplo: (i) conectividade do domínio e contexto: todos conceitos incluídos na *Ontolegis* estão conectados ao domínio do Direito Médico, com exceção de algumas classes importadas da BFO; (ii) consulta aos especialistas: não houve o envolvimento direto de especialistas no processo de validação da *Ontolegis*, a não ser por meio de consulta a textos especializados.

A documentação da *Ontolegis* (etapa 7) foi criada no decorrer do desenvolvimento da ontologia, tal que seu conteúdo atual engloba um total de 122 classes, 142 subclasses e 1431 registros de anotações (*annotations*) das classes e relações da ontologia.

Por fim, Torres (2017) afirma que a etapa de disponibilização (etapa 8) da *Ontolegis* não foi realizada, uma vez que a ontologia se encontra em um estágio de teste de investigação científica, ainda não colocada em prática para aplicação de seus usuários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que o processo de construção de uma ontologia é complexo e exige do seu desenvolvedor uma compreensão apropriada do domínio a ser representado, além de conhecimentos técnicos em modelagem conceitual, formalismos lógicos e alguns fundamentos filosóficos. Nesse sentido, um dos principais problemas que profissionais e pesquisadores em ciência da informação enfrentam no desenvolvimento de ontologias é a presença de termos técnicos provenientes da computação, lógica e filosofia. O presente artigo descreveu o processo de construção de ontologias a partir da metodologia *OntoForInfoScience*, que tem como diferencial o detalhamento das atividades de construção de ontologia além do que é apresentado em metodologia tradicionais. Os resultados práticos desse processo de construção foram apresentados através de duas ontologias de domínio: *Hemonto* e *Ontolegis*.

Em uma análise geral da utilização da *OntoForInfoScience* no desenvolvimento das ontologias apresentadas pode-se afirmar que ela mostrou-se eficiente quanto ao propósito de gerar uma representação formal adequada em ambos os domínios. Tal metodologia utiliza uma linguagem simples, que permite a compreensão das atividades executadas ao longo do processo de construção, sem perder a capacidade de expressividade do uso de linguagens lógicas.

Algumas funcionalidades da *OntoForInfoScience* que são úteis e contribuem para o desenvolvimento de ontologias são: i) explicação sobre o significado e o preenchimento das propriedades descritivas e lógicas das classes e relações; ii) incentivo o uso de ontologias de fundamentação como ponto de partida do desenvolvimento ontológico; iii) detalhamento do processo de criação de definições textuais e formais das classes de uma ontologia; iv) explicação sobre o significado de uma relação ontológica e de que forma é possível caracterizar os tipos de relação ontológica para usá-los adequadamente na representação do domínio; v) incentivo à colaboração como um aspecto essencial na etapa de conceitualização, com o uso de ferramentas colaborativas; vi) explicação de formas para pesquisa por termos relacionados ao domínio para importação na ontologia.

Considerando tais funcionalidades e sua aplicabilidade prática, a metodologia *OntoForInfoScience* foi de grande utilidade para os propósitos de desenvolvimento tanto da *Hemonto* quanto da *Ontolegis*.

Por limitações de espaço, o aspecto mais importante da *OntoForInfoScience* – o detalhamento das atividades de desenvolvimento ontológico – não pôde ser apresentado em sua totalidade aqui, estando disponível em Mendonça (2015).

Quanto ao conteúdo da *Hemonto* e seus resultados parciais, pode-se afirmar que a ontologia desenvolvida caracteriza-se por conter uma representação formal mais abrangente no domínio do sangue do que aquela disponível nas terminologias biomédicas, tais como: FMA, GALEN, UMLS, GO, dentre outras. Ainda assim, a *Hemonto* é uma ontologia em desenvolvimento, devido ao seu amplo escopo de cobertura.

Sabe-se que o processo de construo de uma ontologia   um processo iterativo e sua validao em diferentes comunidades de especialistas, diferentes corpos médicos,   fundamental para avaliao de sua utilidade prtica. Nesse sentido, a *Hemonto* precisa de maior validao p s-desenvolvimento entre especialistas da área, além de revisões e atualiza es em seu conteúdo ontológico.

No que diz respeito   *Ontolegis*, ela representa importante iniciativa para organiza o do conhecimento altamente especializado das leis brasileiras que regulamentam o exercício legal da medicina, inserido no âmbito do Direito Médico. Entretanto, como tal ontologia ainda se encontra em um estágio de investiga o científica e não aplicada na prtica, faz-se necessário a continuidade do desenvolvimento da *Ontolegis*, especialmente no que se refere ao seu processo de axiomatiza o. Tal medida irá contribuir para melhoria do nível de formaliza o da ontologia e permitir que ela sirva de instrumento de indexa o, recupera o de informa o e minera o de textos dos documentos legislativos da área de Direito Médico. Cabe ressaltar também que a construo da *Ontolegis*, a partir da *OntoForInfoScience*, contribuiu de maneira importante para testar a aplicabilidade prtica de tal metodologia, conduzida em um domínio diferente do biomédico e por pesquisadores que não são os próprios autores da metodologia, como   o caso da *Hemonto*.

Por fim, ressalta-se como um dos propósitos principais da *OntoForInfoScience* ser um instrumento de apoio na expansão das possibilidades de desenvolvimento de ontologias, estendendo-a a profissionais que não são engenheiros do conhecimento. Apesar desse propósito, sabe-se que uma soluço mais abrangente e completa para as dificuldades dos cientistas da informa o, no que se refere ao uso de termos técnicos e questões lógicas e filosóficas inerentes ao desenvolvimento de ontologias, passa necessariamente pela discussão e inser o de requisitos de forma o técnica-acad mica nas disciplinas relacionadas ao tema em ciência da informa o. Trabalho este que   bastante amplo e ultrapassa o escopo desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF BLOOD BANKS – AABB. *Technical manual*. 17th ed. Maryland, 2011.
- BITTNER, T.; DONNELLY, M. Logical properties of foundational relations in bio-ontologies. *Artificial Intelligence in Medicine*, v. 39, n. 3, p. 197-216, 2007.
- BREITMAN, K. *Web sem ntica: a internet do futuro*. Rio de Janeiro: LTC, 2005.
- CARDOSO, J. The semantic web vision: where are we?. *IEEE Intelligent Systems*, p. 22- 26, Sept./Oct. 2007.
- CEUSTERS, W. et al. Mistakes in medical ontologies: where do they come from and how can they be detected?. *Studies Health Technology Information*, n. 102, p. 145-164, 2004.
- DE NICOLA, A.; MISSIKOFF, M.; NAVIGLI, R. A software engineering approach to ontology building. *Information Systems*, n. 34, p. 258-275, 2009.
- FERNÁNDEZ, M. et al. Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment. *Intelligent Systems*, v. 14, n. 1, p. 37-46, Jan./Feb.1999.
- _____; CORCHO, O. Methodologies and methods for building ontologies. In: _____. *Ontological engineering*. London: Springer, 2004. P. 107-153.
- FRANÇA, GENIVAL V. Apresenta o   1a edi o. In: DIREITO médico. 3. ed. Rio de Janeiro: GZ Editora, 2014.
- FREITAS, F.; SCHULZ, S. Pesquisa de terminologias e ontologias atuais em biologia e medicina. *RECIIS*, v. 3, n. 1, p. 8-20, mar. 2009.
- FUNDA O CENTRO DE HEMATOLOGIA E HEMOTERAPIA DE MINAS GERAIS - HEMOMINAS. *Home*. 2017. Disponível em: <<http://www.hemominas.mg.gov.br/>> Acesso em: 26 jun. 2017.
- GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ, M.; VICENTE, A. J. Towards a method to conceptualize domain ontologies. In: ECAI WORKSHOP ON ONTOLOGICAL ENGINEERING, 1996, Budapest. *Proceedings...* [S.l.: s.n.], 1996.
- GREER, J. P. et al. *Wintrobe's clinical hematology*. 12th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
- GRENON, P.; SMITH, B. SNAP and SPAN: towards dynamic spatial. *Spatial Cognition & Computation*, v. 4, n.1, p. 69-104, 2004.
- GRUNINGER, M.; FOX, M. S. Methodology for the design and evaluation of ontologies. In: WORKSHOP ON BASIC ONTOLOGICAL ISSUES IN KNOWLEDGE SHARING, 1995. *Proceedings...* [S.l.: s.n.], 1995.
- ICCBB. ISBT 128 Standard. *Standard Terminology for Blood, Cellular Therapy and Tissue Product Descriptions*, v. 3, n. 33, Jan. 2010.

Construindo ontologias com a metodologia ontoforinfoscience:
uma abordagem detalhada das atividades do desenvolvimento ontológico

- JONES, D.; BENCH-CAPON, T.; VISSER, P. *Methodologies for ontology development*. 1998. Disponível em: <<http://cweb.inria.fr/Resources/ONTOLOGIES/methodo-for-ontodev.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2017.
- KETT, C.; ARTALE, A. Representing and reasoning over a taxonomy of part-whole relations. *Applied Ontology*, v. 3, n. 1-2, p. 91-110, 2008.
- MENDONÇA, F. M. *OntoForInfoScience: metodologia para construção de ontologias pelos cientistas da informação: uma aplicação prática no desenvolvimento da ontologia sobre componentes do sangue humano (Hemonto)*. 2015. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2015.
- MUNN, K; SMITH, B. *Applied ontology: an introduction*. Heusenstamm, Germany: Ontos Verlag, 2008.
- NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. *Ontology Development 101: a guide to creating your first ontology*: Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics technical report SMI-2001-0880. [S.l.: s.n.], 2001.
- POVEDA-VILLALÓN, M.; SUÁREZ-FIGUEROA, M. C.; GÓMEZ-PEREZ, A. A double classification of common pitfalls in ontologies. In: WORKSHOP ON ONTOLOGY QUALITY AT THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND KNOWLEDGE MANAGEMENT, 17., 2010, Portugal. *Proceedings...* P. 1-12. 2010.
- REED, S. L.; LENAT, D. B. *Mapping ontologies into Cyc*, 2002. Disponível em: <http://www.cyc.com/doc/white_papers/mapping-ontologies-into-cyc_v31.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2017.
- ROSSE, C.; MEJINO, J. L. V. A reference ontology for biomedical informatics: the foundational model of anatomy. *Journal of Biomedical Informatics*, v. 36, p. 478-500, 2003.
- SCHULZ, S.; KUMAR, A.; BITTNER, T. Biomedical ontologies: what part-of is and isn't. *Journal of Biomedical Informatics*, v. 39, p. 350-361, 2006.
- SILVA, D. L.; SOUZA, R. R.; ALMEIDA, M. B. Ontologias e vocabulários controlados: comparação de metodologias para construção. *Ciência da Informação*, v. 37, n. 3, p. 60-75, set./dez. 2008.
- SMITH, B. *Ontology and information systems*, 2004. Disponível em: <<http://www.ontology.buffalo.edu/ontology>> Acesso em: 13 jun. 2017.
- _____; CEUSTERS, W. Ontological realism: a methodology for coordinated evolution of scientific ontologies. *Applied Ontology*, v. 5, p. 139-188, 2010.
- _____. et al. Relations in biomedical ontologies. *Genome Biology*, v. 6, 2005.
- _____. The OBO foundry: coordinated evolution of ontologies to support biomedical data integration. *Nature Biotechnology*, v. 25, n. 11, p. 1251-1255, 2007.
- SOUZA, C.; PEREIRA, C.; SOARES, A. Collaborative elicitation of conceptual representations: a corpus-based approach. In: ADVANCES in information systems and technologies. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. P. 111-124.
- SUÁREZ-FIGUEROA, M. C. et al. *NeOn D5.4.1: NeOn methodology for building contextualized ontology networks*. Disponível em: <<http://www.neon-project.org>>. Acesso em: fev. 2008.
- SURE, Y.; STAAB, S.; STUBER, R. *On-To-Knowledge Methodology (OTKM)*. 2003. Disponível em: <http://www.sfu.ca/~mhatala/iat881/papers/2003_ontohandbook_otkmethodology.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- TORRES, SIMONE. *Modelagem de domínios em Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC): uma investigação em tesouros e ontologias para a informação legislativa*. 2017. Tese (Doutorado em Ciência da Informação)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*, v. 11, n. 2, p. 93-136, 1996.
- _____; KING, M. *Towards a methodology for building ontologies*. 1995. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/uschold95toward.html>> Acesso em: 20 jun. 2017.