

Construção de ontologia na prática: um estudo de caso aplicado ao domínio obstétrico

Fernanda Farinelli

Doutora em Ciências da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte, Minas Gerais - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/1907817850408525>

E-mail: fernanda.farinelli@gmail.com

Peter L. Elkin

Doutor em Medicina, New York Medical College (NYMC) - Valhalla, Nova York, Estados Unidos. Professor e Coordenador do Departamento de Informática Biomédica da Universidade do Estado de Nova York (SUNY) Buffalo, Nova York, Estados Unidos.

<http://medicine.buffalo.edu/faculty/profile.html?ubit=elkinp>

<https://www.linkedin.com/in/peter-l-elkin-md-377640/>

E-mail: elkinp@buffalo.edu

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

RESUMO

O volume de informação e a variedade de fontes de informação geram desafios para a integração informacional. A necessidade de integração de informação entre sistemas de informação distintos alavancou pesquisas para identificar alternativas capazes de proporcionar interoperabilidade semântica entre sistemas, ou seja, a especificação da informação sem gerar ambiguidades. Como contribuição da ciência da informação, as ontologias servem como alternativa de padronização semântica das informações. Entretanto, o processo de construção de ontologias ainda gera muita dúvida entre pesquisadores. Muitos autores descrevem metodologias para a construção de ontologias, mas observa-se uma lacuna entre os métodos descritos e a sua aplicação na prática. Busca-se demonstrar na prática a construção de uma ontologia que adotou duas consolidadas metodologias: o realismo ontológico e a metodologia NeOn. Em relação aos métodos e procedimentos técnicos realizados, esta pesquisa é um estudo de caso que investiga a prática da construção de uma ontologia biomédica no domínio obstétrico, com o objetivo de descrever e explicar o processo de construção da ontologia praticado. Espera-se contribuir com o avanço da pesquisa em construção de ontologias no campo da ciência da informação, dada sua aplicação na solução problemas de organização e recuperação de informações em ambientes informacionais de diversos campos científicos.

Palavras-chave: Construção de ontologia. Metodologia para construção de ontologia. Ontologia biomédica. Ontologia formal. Ontologia de domínio.

Ontology building in practice: a case study applied to the obstetric domain

ABSTRACT

The volume of information and the variety of sources of information poses challenges for informational integration. The need to integrate information between distinct information systems leveraged research to identify alternatives capable of providing semantic interoperability between systems, that is, the specification of the information without creating ambiguities. As a contribution of Information Science, ontologies serve as an alternative for the semantic standardization of information. However, the process of constructing ontologies still raises a lot of doubt among researchers. Many authors describe methodologies for the construction of ontologies, but there is a gap between the methods described and their application in practice. It seeks to demonstrate in practice the construction of an ontology that has adopted two consolidated methodologies: the ontological realism and the NeOn methodology. In relation to the technical methods and procedures performed, this research is a case study that investigates the practice of the construction of a biomedical ontology in the obstetrical domain, with the purpose of describing and explaining the process of ontology construction practiced. It is hoped to contribute with the advancement of the research in construction of ontologies in the field of Information Science, given its application in the solution problems of organization and information retrieval in informational environments of diverse scientific fields.

Keywords: *Ontology building. Methodology for ontology building. Biomedical ontology. Formal ontology. Domain ontology.*

Construcción de la ontología en la práctica: un estudio de caso aplicado al dominio obstétrico

RESUMEN

El volumen de información y la variedad de fuentes de información generan desafíos para la integración informacional. La necesidad de integración de información entre sistemas de información distintos apalancó investigaciones para identificar alternativas capaces de proporcionar interoperabilidad semántica entre sistemas, es decir, la especificación de la información sin generar ambigüedades. Como contribución de la Ciencia de la Información, las ontologías sirven como alternativa de estandarización semántica de las informaciones. Sin embargo, el proceso de construcción de ontologías aún genera mucha duda entre investigadores. Muchos autores describen metodologías para la construcción de ontologías, pero se observa una laguna entre los métodos descritos y su aplicación en la práctica. Se busca demostrar en la práctica la construcción de una ontología que adoptó dos consolidadas metodologías: el realismo ontológico y la metodología NeOn. En cuanto a los métodos y procedimientos técnicos realizados, esta investigación es un estudio de caso que investiga la práctica de la construcción de una ontología biomédica en el dominio obstétrico, con el objetivo de describir y explicar el proceso de construcción de la ontología practicada. Se espera contribuir con el avance de la investigación en construcción de ontologías en el campo de la Ciencia de la Información, dada su aplicación en la solución de problemas de organización y recuperación de informaciones en ambientes informacionales de diversos campos científicos.

Palabras clave: *Construcción de ontología. Metodología para la construcción de ontología. Ontología biomédica. Ontología formal. Ontología de dominio.*

INTRODUÇÃO

As organizações, tanto no âmbito público quanto privado, anseiam por fornecer serviços de qualidade a indivíduos e entidades com quem se relacionam, e para isso, dependem do conhecimento envolvido nas suas práticas e atividades. Observa-se que a maneira como as organizações adquirem, compartilhem, criam, validam e publicam seus conhecimentos refletem diretamente sua competitividade e sua governança. Portanto, dispor de informações corretas no menor tempo possível torna-se um grande desafio em uma sociedade que exige das organizações decisões rápidas e adaptação às variações econômicas e questões legais.

Atualmente, o maior desafio das organizações é a necessidade de integração de informações com seus parceiros internos e externos. O desafio é ainda maior quando verificamos uma lacuna de interoperabilidade semântica entre os sistemas de informação adotados pelas organizações, principalmente em função da falta de padrões ou da não adoção de padrões quando existentes. Iniciativas em torno da obtenção de soluções capazes de promover a interoperabilidade entre os sistemas de informação é uma tendência mundial para as organizações.

Para superar a falta de interoperabilidade semântica, várias iniciativas adotaram soluções baseadas em uma ontologia formal devido à sua capacidade de representar o conhecimento sem ambiguidade. Vários autores reconhecem que as ontologias de domínio podem resolver problemas de interoperabilidade semântica entre a heterogeneidade terminológica (BITTNER; DONNELLY; WINTER, 2005; GANGEMI et al., 2002; SMITH, 2003b).

Em geral, o campo da ciência da informação lida com solução de problemas em torno da necessidade de informação e sua aplicabilidade à sociedade. Uma relevante contribuição da ciência da informação à sociedade são as teorias relacionadas à representação e organização do conhecimento. Assim, embora a pesquisa em ontologia se origine na filosofia, rapidamente, a ontologia assumiu seu lugar como

um tema de pesquisa na ciência da informação devido à sua capacidade de representação do conhecimento (ALMEIDA, 2013; GRUBER, 2008; SMITH, 2003B; SØERGEL, 1999; VICKERY, 1997).

Entretanto, no campo ciência da informação, apesar do reconhecimento das ontologias como ferramenta de representação do conhecimento, pouco se discute sobre como construir uma ontologia na prática para que se represente o conhecimento sem ambiguidade. Este estudo é uma iniciativa que busca enriquecer a discussão do papel social da ciência da informação, ajudando outros campos científico em referência a soluções relacionadas à representação e organização do conhecimento por meio das ontologias. Finalmente, o objetivo geral deste estudo é demonstrar na prática o processo de construção de uma ontologia de domínio que trata o conhecimento acerca dos registros de saúde eletrônicos gerados nos cuidados obstétricos e neonatais.

METODOLOGIA

Para atingir os objetivos de pesquisa científica, o pesquisador deve usar um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos conhecidos como métodos científicos para encontrar respostas para problemas de pesquisa (GIL, 2008; MARCONI; LAKATOS, 2003, 2007; YIN, 2009). Esta pesquisa busca compreender o processo de construção de ontologias na prática, e assim, é uma pesquisa aplicada qualitativa. Além disso, trata-se de uma pesquisa exploratória na qual o pesquisador busca obter maior familiaridade com o assunto da pesquisa. Em relação aos métodos e procedimentos técnicos realizados, este é um estudo de caso que investiga a prática da construção de uma ontologia biomédica no domínio obstétrico e neonatal, com o objetivo de descrever e explicar o processo de construção da ontologia praticado.

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA ONTONEO

OntONeo (*the Ontology of Obstetric and Neonatal domain*) é uma ontologia de domínio ainda em desenvolvimento, que abrange o conhecimento envolvido nos cuidados obstétricos e *NeOnatais*. O conhecimento sobre o domínio obstétrico e neonatal engloba o conhecimento referente ao cuidado da mulher nas fases pré-gravidez, pré-natal, parto e puerpério (pós-natal), além do conhecimento necessário ao cuidado ao recém-nascido. O escopo da OntONeo inclui termos de várias disciplinas médicas, incluindo pelo menos embriologia, anatomia, fisiologia, ginecologia, obstetrícia, pediatria e neonatologia. A ontologia OntONeo abrange termos existentes em outras ontologias, tais como exames de imagem, exames laboratoriais, vacinas, imunizações, distúrbios, doenças, cirurgias, hospitalizações, diagnósticos, tratamentos, dados demográficos, e assim por diante.

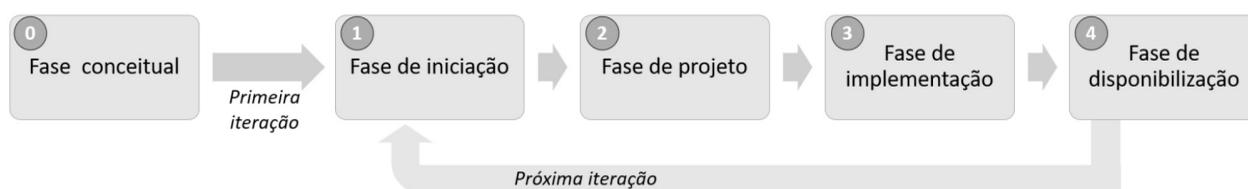
Para o desenvolvimento da OntONeo, optou-se por combinar duas consolidadas metodologias já existentes, a metodologia do realismo ontológico (ARP; SMITH; SPEAR, 2015, p. 13; SMITH; CEUSTERS, 2010) e a metodologia NeOn (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010). OntONeo é fundamentada nos princípios da metodologia do realismo ontológico buscando principalmente promover a coerência semântica, tanto para humanos quanto para computadores. Tais princípios são distribuídos ao longo do processo usado para construção da OntONeo.

Além disso, a metodologia NeOn contribui para este trabalho ao fornecer um conjunto de melhores práticas da engenharia de ontologia. Finalmente, o desenvolvimento da OntONeo também se orientou pelos princípios de outra iniciativa bem consolidada, a OBO Foundry. Esta iniciativa definiu um conjunto de princípios guia para o desenvolvimento de ontologia interoperáveis, a fim de minimizar ambiguidades de termos e definições, além de promover a integração de ontologias biomédicas (SMITH et al., 2007).

Do ponto de vista prático, a metodologia utilizada para desenvolver a OntONeo combina as cinco etapas da metodologia do realismo ontológico com os cenários e atividades da metodologia NeOn. O desenvolvimento da OntONeo segue um ciclo de vida de desenvolvimento, iterativo-incremental, como sugerido pelas duas metodologias de referência. Neste contexto, a construção da OntONeo segue cinco fases, como mostrado na figura 1.

Observe que a fase conceitual (número zero) acontece apenas uma vez, enquanto as fases numeradas de 1 a 4 ocorreram uma vez em cada iteração realizada. As fases 1 a 4 constituem a parte iterativa-incremental do ciclo de vida de desenvolvimento da OntONeo. As próximas subseções descrevem cada uma das cinco fases em detalhes.

Figura 1 – Fases de desenvolvimento da ontologia OntONeo



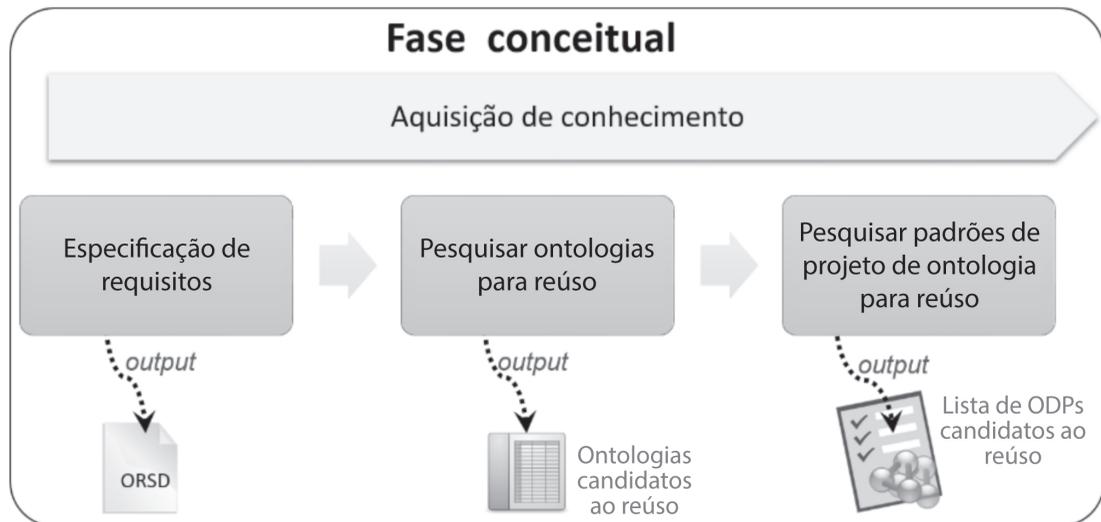
Fonte: Do próprio autor.

FASE CONCEITUAL

A *fase conceitual* visa identificar o propósito da ontologia, o conjunto de requisitos que deve satisfazer e as questões de competência utilizadas para validar a ontologia. Esta fase incorporou dois princípios da metodologia do realismo ontológico, a saber, “demarcar o escopo e o domínio do conhecimento da ontologia” e “reunir informações do domínio ontológico” (ARP; SMITH; SPEAR, 2015, pp. 51-53). Além disso, de acordo com a NeOn, qualquer desenvolvimento de ontologia começa com a atividade de especificação de requisitos de ontologia, e conta com o suporte da atividade de aquisição de conhecimento. Com base nessas duas referências de metodologia, esta fase teve as seguintes atividades: aquisição de conhecimento, especificação de requisitos, pesquisar ontologias para reúso e pesquisar padrões de projeto de ontologia para reúso, organizadas conforme figura 2.

A atividade de aquisição de conhecimento consiste em coletar conhecimento do domínio ontológico de várias fontes de informação, como livros didáticos, documentos, relatórios do domínio alvo, além de consulta aos especialistas do domínio. Assim, para adquirir conhecimento do domínio obstétrico, o pesquisador empregou métodos diretos, por exemplo, entrevistas, observações, análise de documentos e revisão da literatura. Essas entrevistas e observações visaram identificar diretamente os profissionais de saúde e seu ambiente de trabalho qualquer conhecimento relevante sobre o domínio obstétrico e neonatal para subsidiar o desenvolvimento da OntONEo. Na verdade, apesar de ser descrita nesta fase, a atividade de aquisição de conhecimento é realizada durante todas as fases. Esta atividade foi essencial para compreender o conhecimento sobre o domínio obstétrico e neonatal e para garantir melhores decisões sobre a definição e conceituação das entidades.

Figura 2 – Atividades da fase conceitual



Fonte: Do próprio autor.

A atividade especificação de requisitos concentra-se no estabelecimento do conjunto de requisitos que a ontologia deve atender. O objetivo desta atividade é produzir o documento de especificação de requisitos de ontologia, de acordo com o modelo e as recomendações da metodologia *NeOn* disponíveis em (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010) e (SUÁREZ-FIGUEROA; GÓMEZ-PÉREZ; VILLAZÓN-TERRAZAS, 2009). O documento registra as informações necessárias para a construção da nova ontologia. Ao final desta atividade é esperado o documento de especificação de requisitos da ontologia, incluindo seu propósito e escopo, a linguagem de implementação que será usada na formalização, o grupo-alvo de usuário e os usos pretendidos para a ontologia, bem como o conjunto de requisitos funcionais e não funcionais que ela deve atingir.

A atividade chamada pesquisar ontologias para reúso (*ontology search*) é a ação em que os ontologistas devem procurar as ontologias já existentes que atendam aos requisitos ou parte dos requisitos da ontologia em desenvolvimento (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010). Existem várias ferramentas para pesquisa de ontologia, tais como: Ontobee (XIANG et al., 2011, 2013); Bioportal (NOY et al., 2008; RUBIN; SHAH; NOY, 2008); Ontology Lookup Service (CÔTÉ et al., 2006); Swoogle (DING et al., 2004); Watson RDF (D'AQUIN et al., 2007); e vocab.cc (STADTMÜLLER; HARTH; GROBELNIK, 2013). No caso da OntONEo, por ser uma ontologia do domínio biomédico que segue os princípios OBO Foundry, a atividade de pesquisa de ontologia para reúso priorizou a ferramenta Ontobee, já que sua pesquisa se concentra em ontologias da biblioteca OBO Foundry. Quando a pesquisa na Ontobee não retornava nenhum resultado, o ontologista realizou a pesquisa no BioPortal e Ontology Lookup Service devido à cobertura desses motores de busca para ontologias e terminologias biomédicas. A pesquisa na Ontobee ocorreu de duas maneiras: pesquisa por ontologia de acordo com o domínio de cobertura de ontologia e busca por termos-chave da OntONEo listados no documento de requisitos.

No caso da atividade chamada Pesquisar padrões de projeto de ontologia para reúso (*Design Pattern Search*), o ontologista verifica na lista de padrões de projeto disponível aqueles que podem ser úteis para a ontologia de desenvolvimento da ontologia. O catálogo oficial de padrões de projeto de ontologia (*ontology design patterns*) está disponível no site <http://ontologydesignpatterns.org/>.

A fase conceitual ajuda a identificar o escopo geral e os itens que a ontologia em desenvolvimento deve abranger. No entanto, apenas na próxima fase o ontologista detalhará esses itens. Como o desenvolvimento do OntONEo é iterativo e incremental, todos os itens são divididos, refinados e entregues por partes. As próximas subseções descrevem as quatro fases do ciclo de vida de desenvolvimento incremental iterativo da OntONEo.

FASE DE INICIAÇÃO

O objetivo da fase de iniciação é estabelecer o escopo da iteração e refinar os requisitos que a iteração vai abranger. Além disso, dado o planejamento geral do projeto de ontologia criado na fase conceitual, esta fase define o planejamento de toda iteração. As atividades da fase de inicialização são as seguintes: aquisição de conhecimento (descrita na fase anterior), documentação da ontologia, planejamento de iteração, elicitación de requisitos e seleção de ontologias para reúso, organizadas conforme a figura 3.

A atividade de documentação da ontologia é uma atividade de suporte que gera qualquer documentação valiosa para entender a própria ontologia e as decisões tomadas durante o desenvolvimento da ontologia. Como atividade de aquisição de conhecimento, a atividade de documentação de ontologia ocorre durante todo o desenvolvimento de ontologia. Não existe um padrão de documentação a seguir nesta atividade. A documentação criada depende de cada iteração. Idealmente, a recomendação é criar um único repositório para armazenar a documentação, evitando perdas e replicação de informações relevantes.

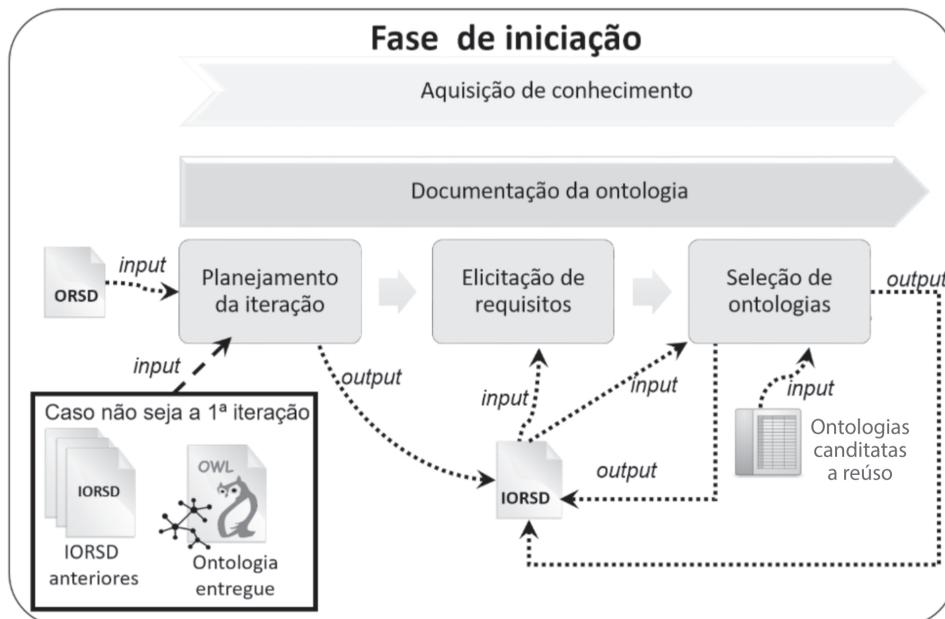
No caso da OntONEo, foram adotados três padrões de documentação: i) uso de anotações ontológicas; ii) página do projeto na internet; e iii) o repositório de desenvolvimento do projeto. O item i é detalhado na fase de implementação, e os itens ii e iii estão detalhados na fase de projeto.

O início de cada iteração de desenvolvimento da ontologia é a atividade de planejamento de iteração, no qual a equipe de ontologistas prioriza os itens que serão trabalhados durante toda a iteração. A metodologia do realismo ontológico sugere que o desenvolvimento da ontologia inicie pelas entidades mais comuns e suas relações, e depois avance para as entidades mais complexas. A fim de orientar a execução completa da iteração e ajudar a comunidade a entender cada versão de ontologia, as decisões sobre o escopo da iteração são documentadas em um documento de especificação de requisitos da iteração, que segue o mesmo modelo de documento para a especificação de requisitos da ontologia, porém, com o escopo reduzido para a iteração. Cada iteração possui seu próprio documento de especificação de requisitos.

A atividade de elicitação de requisitos consiste em extrair conhecimento das fontes de conhecimento disponíveis. O objetivo desta atividade é reunir informações relevantes para a compreensão do domínio do conhecimento da ontologia. Além das técnicas citadas na atividade de aquisição de conhecimento, ainda podem ser empregadas técnicas conhecidas, como por exemplo, *brainstorming*, JAD (*Joint Application Design*), entrevistas não estruturadas com especialistas em domínio, análise informal de documentos, análise de histórias e narrativas de usuários, pesquisa bibliográfica e documental. Toda informação obtida nesta atividade é guardada no documento de especificação de requisitos da iteração.

Durante a atividade de seleção de ontologia, o ontologista deve determinar as ontologias candidatas de reutilização mais adequadas ao escopo da iteração ontológica. Neste caso, uma nova pesquisa por ontologias pode ser necessária, já que houve maior detalhamento sobre o escopo de conhecimento que será representado. As ferramentas de pesquisa de ontologia Ontobee, BioPortal e Ontology Lookup Service também podem ser usadas aqui para facilitar a seleção de ontologias candidatas ao reuso.

Figura 3 – Atividades da fase de iniciação



Fonte: Do próprio autor.

Lembre-se de verificar se a iteração em planejamento é a primeira iteração ou não. Quando não for a primeira, o ontologista deve estar ciente do que já foi desenvolvido nas iterações anteriores, para decidir se será necessária alguma manutenção nos termos já representados.

FASE DE PROJETO

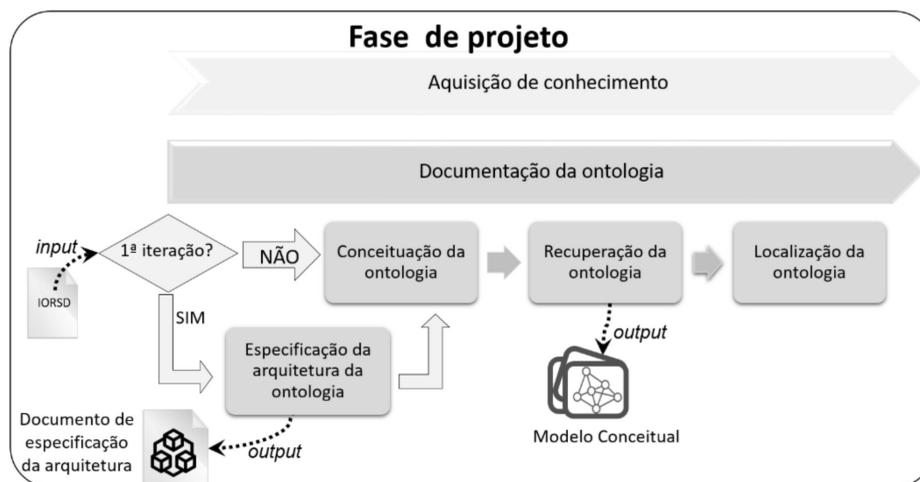
A *fase de projeto* consiste em definir as especificações para a implementação dos requisitos de ontologia. O foco desta fase é obter, ao final, a definição da arquitetura da ontologia, do ambiente de desenvolvimento e do modelo conceitual relacionado aos requisitos obtidos na fase anterior. Nesta fase, em todas as iterações são realizadas as atividades de conceituação da ontologia, recuperação da ontologia e localização da ontologia. A atividade de especificação da arquitetura da ontologia é realizada apenas na primeira iteração, pois todas as iterações subsequentes seguem a mesma definição. São organizadas conforme a figura 4.

A especificação da arquitetura da ontologia é uma atividade que visa definir os elementos arquitetônicos para a ontologia em desenvolvimento. Em geral, os elementos arquitetônicos constituem partes dos requisitos não funcionais da ontologia.

Alguns exemplos dos elementos da arquitetura ontológica são: ontologia de alto nível base para a ontologia em desenvolvimento, o *namespace* e a *url* base da ontologia, página da internet para o projeto da ontologia, o repositório de desenvolvimento, idioma padrão e alternativos para elementos da ontologia, linguagem de codificação/implementação da ontologia; tipo de licenciamento, etc. Foi definido um modelo de documento de especificação de arquitetura para registrar toda decisão acerca da arquitetura da ontologia, conforme apresentado no apêndice 1 deste artigo.

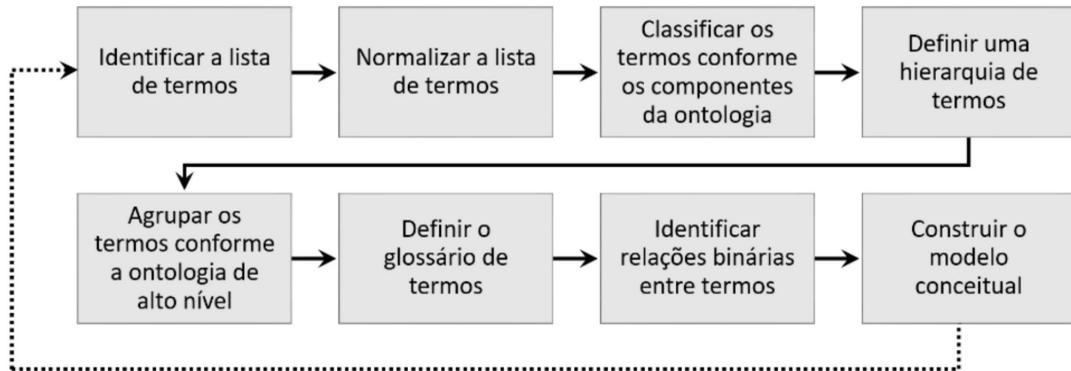
O objetivo da atividade de conceituação da ontologia é organizar e estruturar a informação coletada durante as atividades de aquisição de conhecimento, especificação e elicitação de requisitos. Durante esta atividade, são abordados vários passos da metodologia de realismo ontológico (ARP; SMITH; SPEAR, 2015), conforme figura 5. Sugere-se executar tais passos conforme a sequência definida na figura 5, no entanto, cada ontologista pode definir a sequência mais conveniente para ele.

Figura 4 – Atividades da fase de projeto



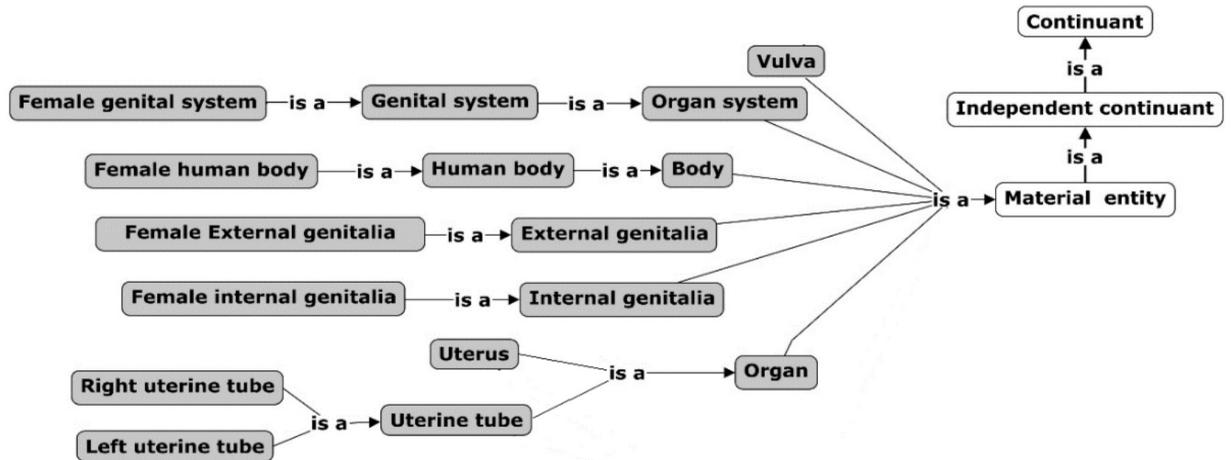
Fonte: Do próprio autor.

Figura 5 – Passos realizados durante a conceituação da ontologia



Fonte: Do próprio autor.

Figura 6 – Exemplo de modelo conceitual criado para a ontologia OntONeo



Fonte: Do próprio autor.

A *Basic Formal Ontology* (BFO) versão 2 foi a ontologia de nível superior escolhida para fundamentar os termos da OntONeo. Assim, para agrupar os termos da ontologia em desenvolvimento conforme as definições da BFO utilizou-se o *Basic Formal Ontology 2.0: Specification and User's Guide* como referência (SMITH et al., 2015). Para construção gráfica do modelo conceitual que reflete a lista de termos da iteração, utilizou-se a ferramenta CMAP Collaborative Ontology Environment (GARCIA et al., 2007; HAYES et al., 2005; HAYES; SAAVEDRA; REICHHERZER, 2003). A figura 6 apresenta um exemplo de modelo conceitual criado durante o desenvolvimento da OntONeo.

A atividade de recuperação da ontologia visa apoiar a reutilização da ontologia preparando as ontologias potencialmente reutilizáveis para sua importação durante a fase de implementação. Para garantir a consistência da ontologia, OntONeo privilegia a reutilização de ontologias preexistentes que utilizam a mesma ontologia de alto nível, a BFO. A recuperação de ontologias preexistentes acontece em duas abordagens diferentes: uma é a recuperação de toda a ontologia e a outra é recuperar apenas alguns termos de uma ontologia.

Na primeira abordagem, foram recuperadas em sua totalidade as ontologias BFO e Relational Ontology (RO) do portal OBO Foundry¹, baixando os arquivos OWL² (Ontology Web Language) disponíveis. Foram adicionadas a esses arquivos anotações a título de documentação, sendo elas: data de recuperação da ontologia, versão recuperada, responsável pela recuperação, idioma padrão da ontologia quando essa informação não está documentada. Além disso, algumas informações não relevantes para o desenvolvimento da OntONEo, por exemplo informações de contribuintes e comentários, foram removidas.

Na segunda abordagem, foram selecionados apenas termos relevantes de outras ontologias com base nas diretrizes do MIREOT (*Minimal Information to Reference External Ontology Terms*). MIREOT é uma iniciativa que argumenta em favor de importar apenas elementos necessários à reutilização, evitando a sobrecarga da importação de toda a ontologia (COURTOT et al., 2011). Para isso, foi utilizada a ferramenta Ontofox, uma ferramenta baseada na Web capaz de gerar um arquivo de saída OWL com elementos de ontologia selecionados com base nas configurações de entrada dos usuários (XIANG et al., 2010). Assim como na primeira abordagem, após a geração do arquivo de saída da Ontofox, anotações de documentação são incluídas. O arquivo de saída da Ontofox pode ser importado para a ontologia em desenvolvimento, como no caso da OntONEo, ou podem ser incorporadas apenas partes desse arquivo na ontologia de destino. Lembre-se que em um desenvolvimento iterativo-incremental, a cada iteração pode ser necessário incluir novos elementos das ontologias em reuso.

A atividade de localização da ontologia consiste em converter uma ontologia do idioma e cultura original para outra que o ontologista precisa. A execução desta atividade depende dos requisitos de ontologia e do conjunto de ontologias selecionadas como candidatas para reutilização. Basicamente

devem-se manter os rótulos e as definições tanto da ontologia em desenvolvimento como das ontologias reutilizáveis nos idiomas requeridos. No caso da OntONEo, os rótulos e as definições das ontologias em reuso são mantidos em inglês e português.

FASE DE IMPLEMENTAÇÃO

A fase de implementação visa transformar a conceituação produzida em um modelo formal representado por um código legível por máquina. Durante esta fase ocorre a formalização do modelo conceitual, criado na atividade de conceituação, usando a linguagem de codificação definida na atividade de especificação do requisito. Nesta fase, também as ontologias preparadas na atividade de recuperação de ontologia são importadas para a ontologia em desenvolvimento. As atividades realizadas durante a fase de implementação são: importação de ontologia de alto nível, integração de ontologia, anotação da ontologia, formalização da ontologia, e avaliação da ontologia, organizadas conforme a figura 7.

Conforme definido durante a especificação da arquitetura da ontologia, o editor de ontologia usado durante a fase de implementação é o desktop Protégé (versões 4.3 e 5.2).

O Protégé é uma ferramenta de desenvolvimento de ontologia de código aberto amplamente utilizada que ajuda os usuários a definir ontologias com uma interface de usuário gráfica amigável (NOY et al., 2003).

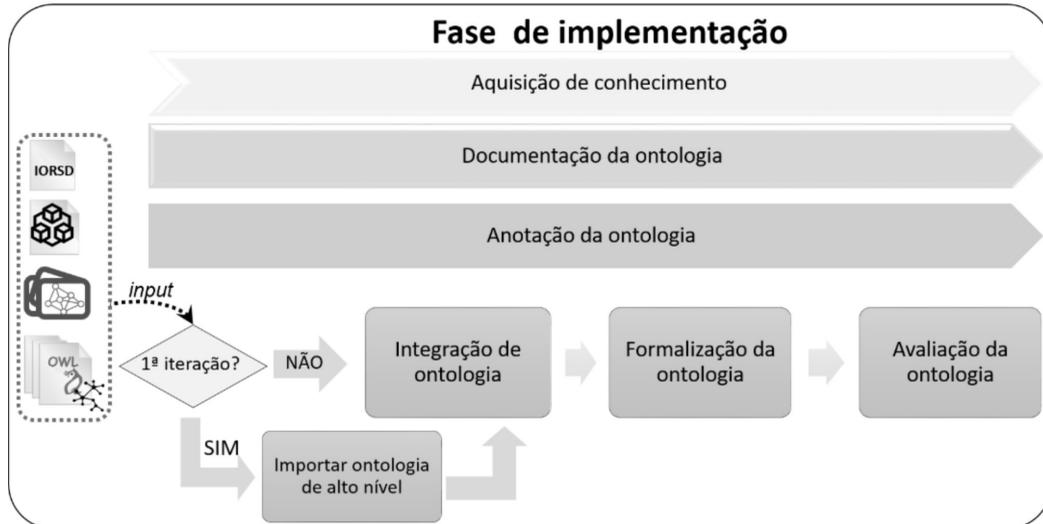
Na primeira iteração de desenvolvimento, inicia-se pela atividade importação de ontologia de alto nível, pois se deve importar para a ontologia em desenvolvimento a ontologia fundacional; no caso da OntONEo, nesta atividade importavam-se as ontologias BFO e RO, cujos arquivos OWL foram preparados durante a fase de projeto.

A atividade de integração de ontologia visa incluir as ontologias que serão reutilizadas na ontologia em construção. Assim, importam-se os arquivos OWL das ontologias reutilizáveis preparadas durante a fase de projeto.

¹ O portal OBO Foundry está disponível no seguinte endereço: <http://www.obofoundry.org/>.

² Documentação disponível em: <http://www.w3.org/TR/owl-features>

Figura 7 – Atividades da fase de implementação



Fonte: Do próprio autor.

Note que, a partir da segunda iteração, o ontologista deve estar ciente da abordagem adotada para a integração ontológica. No caso da integração de uma nova ontologia para reutilização, o ontologista deve importar o arquivo OWL criado na fase anterior como um todo. No entanto, no caso de ontologia já integrada, a nova iteração pode alterar o arquivo original, incluindo ou excluindo elementos.

Na atividade anotação da ontologia são incluídas anotações à ontologia em desenvolvimento ou a algum elemento específico de ontologia. O termo anotação (*annotation*) refere-se a um dado usado para documentar ou adicionar informações a alguns dados. Anotações são uma espécie de metadados da ontologia, ou seja, dados sobre dados. Logo, durante toda a fase de implementação e de acordo com o escopo específico do uso da anotação, são adicionadas anotações à ontologia documentando informações sobre seu desenvolvimento e enriquecendo-a com detalhes relevantes. O quadro 1 do apêndice 2 apresenta as principais anotações consideradas no desenvolvimento da OntOneo.

A formalização da ontologia é a atividade em que o ontologista representa o modelo conceitual usando uma linguagem formal, como por exemplo, a OWL. Nesta atividade, cada termo existente na

lista preliminar refinada durante a fase de iniciação que compõe o modelo conceitual é codificado usando a linguagem de implementação definida no documento de especificação da arquitetura. Esses termos podem ser representados através de classes, relações, funções, instâncias e assim por diante.

A atividade de avaliação da ontologia é o processo de checagem da qualidade técnica da ontologia desenvolvida. É verificada a consistência das definições por meio das questões de competência. Utiliza-se um *plug-in* de consulta SPARQL do próprio Protégé para submeter consultas que refletem as questões de competência, e o resultado da consulta é analisado para verificar se é compatível com o resultado esperado. Analisa-se também a compatibilidade da ontologia construída com os requisitos identificados. Adicionalmente, pode-se submeter à ontologia em construção à ferramenta OOPS! (*Ontology Pitfall Scanner!*) disponível no endereço <http://oops.linkeddata.es/> (POVEDA-VILLALÓN; SUÁREZ-FIGUEROA, 2012). OOPS! é uma ferramenta *on-line* para avaliação ontológica que verifica uma ontologia contra a lista de armadilhas no desenvolvimento de ontologias apresentada por Poveda-Villalón, Suárez-Figueroa e Gómez-Pérez. (2010).

FASE DE ENTREGA

A *fase de entrega* consiste em publicar a nova versão da ontologia. Durante a fase de entrega de cada iteração do desenvolvimento da OntONEo, a nova versão da ontologia é publicada e torna-se disponível para a comunidade. A OntONEo é publicada no Portal OBO Foundry no endereço <http://www.obofoundry.org/ontology/ontoneo.html>, e no BioPortal no endereço <https://bioportal.bioontology.org/ontologies/ONTONEO>.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As ontologias têm cada vez mais se tornado objeto de pesquisa no campo da ciência da informação, como argumentado por Almeida (2013). Muito se discute sobre a contribuição das ontologias como ferramenta adequada para representação e organização do conhecimento (ALMEIDA, 2013; SØERGEL, 1999; VICKERY, 1997). No entanto, pouco se discute sobre construir uma ontologia a fim de representar o conhecimento sem ambiguidade. Assim, este foi o principal objetivo deste estudo. Demonstrar os passos para a construção de uma ontologia. A seção anterior apresentou as fases e atividades realizadas em cada fase. Não só na teoria, mas cada atividade foi realizada na prática para a construção de uma ontologia do domínio obstétrico e neonatal.

A ontologia OntONEo é uma ontologia de domínio que cobre o conhecimento do domínio obstétrico e neonatal fornecendo uma representação consensual deste domínio de conhecimento. Atualmente OntONEo se encontra na versão número 1.5, o que equivale ao produto entregue na sexta iteração de desenvolvimento. OntONEo faz parte da biblioteca de ontologias biomédicas OBO Foundry, demonstrando seu compromisso com os 13 princípios estabelecidos pelo OBO Foundry Consortium. OntONEo é uma iniciativa em seus estágios iniciais de desenvolvimento e a versão atual (disponível em <https://ontoneo.com/>) ainda possui limitações.

Para estabelecer a metodologia para o desenvolvimento, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, que identificou a existência de várias metodologias. As metodologias e métodos mais citados de meados dos anos 90 até meados de 2016 são: Enterprise Ontology (USCHOLD; KING, 1995; USCHOLD; GRUNINGER, 1996); Toronto Virtual Enterprise (GRÜNINGER; FOX, 1995); Methontology (FERNÁNDEZ-LÓPEZ; GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997); 101 Method (NOY; MCGUINNESS, 2001); DILIGENT (PINTO; STAAB; TEMPICH, 2004); On-To-Knowledge Methodology (SURE; STAAB; STUDER, 2004); NeOn Methodology (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010); SABiO - Systematic Approach for Building Ontologies (FALBO, 2014); UPON - Up for ONtology (DE NICOLA; MISSIKOFF; NAVIGLI, 2005), e a metodologia do realismo ontológico (ARP; SMITH; SPEAR, 2015; SMITH; CEUSTERS, 2010). O foco deste artigo não é discutir as metodologias ou apresentar o detalhe de cada uma delas. Na verdade, alguns pesquisadores já o fizeram. Eles identificam, avaliam e comparam diferentes metodologias, como os trabalhos de Mendonça (2015) e Silva (2014).

Em geral, conforme as metodologias citadas anteriormente, o processo de desenvolvimento de ontologia envolve as seguintes atividades: especificação de requisitos de ontologia; aquisição de conhecimento; conceituação e documentação; formalização e implementação. Entretanto, observou-se deficiente consenso sobre qual metodologia é mais apropriada. Além disso, observou-se que a maior parte das metodologias era mais voltada para a forma de desenvolvimento, como por exemplo, a NeOn, enquanto a metodologia do realismo ontológico se preocupa com a semântica da ontologia. Portanto, para o desenvolvimento da OntONEo optou-se por aproveitar o que se tem de melhor em consolidadas metodologias existentes.

Por conseguinte, a metodologia de desenvolvimento da ontologia OntONeo segue primordialmente as recomendações da metodologia do realismo ontológico, o que é uma das garantias de representação do conhecimento sem ambiguidade. Isso porque tal metodologia cumpre-se com três princípios principais: i) a principal fonte de conhecimento é a realidade; ii) o domínio do conhecimento a ser representado é parte da realidade; iii) o domínio especializado conhece a realidade em questão, na medida em que a ciência é a melhor aproximação que se pode ter sobre a realidade. Em suma, o realismo ontológico visa representar a realidade de determinado domínio científico, e não o que se imagina sobre a realidade.

Para o autor do artigo, com base em sua experiência no desenvolvimento de sistemas de informação, a metodologia do realismo ontológico não tem preocupação com o processo ou a forma de desenvolvimento, e sim foca no “*como fazer*” para representar determinado conhecimento. Embora exista certa organização entre os passos sugeridos por essa metodologia, precisamos de processos e ferramentas para apoiar o desenvolvimento deles. Assim, para suprir a lacuna sobre “o que fazer” e “quando fazer” foram recuperadas contribuições da metodologia NeOn.

A metodologia NeOn é uma metodologia para a construção de ontologia que apoia o desenvolvimento colaborativo de ontologias, bem como a reutilização e evolução dinâmica de ontologias em rede em ambientes distribuídos. Optou-se por tal metodologia foi ela foi concebida com base nas melhores práticas de outras três metodologias: Methontology, On-To-Knowledge e Diligent. Ela fornece orientação para todos os aspectos-chave do processo de engenharia ontológica: desenvolvimento colaborativo, reutilização de recursos ontológicos e não ontológicos, evolução e manutenção de ontologias em rede ou com desenvolvimento distribuído. Uma vantagem de usar a metodologia NeOn é seu caráter incremental, que é muito adequado para desenvolvimento de ontologias após a premissa de

falibilismo ao qual o realismo ontológico se refere. O falibilismo reflete a disposição evolutiva da ciência e faz parte do quadro do realismo ontológico (MUNN; SMITH, 2008).

Toda ontologia deve começar seu desenvolvimento pela *fase conceitual*, que é responsável pela definição de escopo da ontologia a ser desenvolvida, pela identificação dos requisitos que ela deve cobrir e pela identificação tanto de ontologias quanto de padrões de projetos existentes candidatos ao reuso. Para isso, uma das atividades primordiais é a aquisição de conhecimento. O conhecimento pode ser adquirido com especialistas do domínio e fontes de conhecimento consolidadas, como livros, padrões internacionais e modelos de referência. A aquisição de conhecimento fornece subsídios para a atividade de especificação de requisitos, que por sua vez subsidia as atividades de pesquisar ontologias para reuso e pesquisar padrões de projeto de ontologia para reuso. Tudo é registrado no documento de especificação de requisitos da ontologia.

A próxima etapa, a *fase de iniciação* é responsável por definir o planejamento de todas as outras fases. Durante a iniciação, determinam-se os requisitos que serão tratados na iteração, identificam-se as principais fontes de conhecimento para se compreender os requisitos, e finalmente detalha-se o conhecimento sobre cada requisito. Na eliciação dos requisitos, sugere-se a identificação de questões de competência e sua expectativa resposta, que poderão ser usadas depois para validação da ontologia. Ao definir essas questões e adquirir brevemente o conhecimento dos especialistas no domínio para possíveis respostas a essas questões, o ontologista consegue aprofundar seu conhecimento sobre o domínio, levando à melhor compreensão do propósito da ontologia e à identificação de novos usos previstos. Adicionalmente, é esperado extrair das fontes de conhecimento disponíveis uma lista de termos relevantes para a compreensão do domínio do conhecimento da ontologia, candidatos a se tornar um elemento da ontologia em desenvolvimento. A lista de termos orienta a seleção de ontologia para reuso e todas as demais fases de desenvolvimento.

A *fase de projeto* determina diversas informações relativas à implementação da ontologia, desde questões arquiteturais ao modelo conceitual relacionado aos requisitos e termos obtidos na fase anterior. São capturadas as principais conceituações do domínio de competência de ontologia, e organizadas graficamente como entidades e relações. Nesta fase, ainda são recuperadas as ontologias que serão reutilizadas pela ontologia em desenvolvimento. Os artefatos de saída desta etapa constituem insumos para a *fase de implementação*, na qual a ontologia é realmente codificada usando a linguagem de codificação definida no documento de arquitetura. Esta é a fase mais importante no processo de desenvolvimento da ontologia, na qual o produto ontológico é efetivamente criado incluindo os recursos ontológicos em reuso. Por fim, existe a *fase de entrega*, em que acontece a publicação da ontologia implementada. As fases de desenvolvimento da ontologia OntONeo foram descritas na seção anterior.

Independentemente do modelo de ciclo de desenvolvimento escolhido, ele sempre inicia pela fase zero, seguindo para a fase um em diante. É importante ressaltar que, embora a figura 1 sugira um fluxo de trabalho em termos iterativo-incremental para as fases de um a quatro, esta metodologia não prescreve nenhum modelo de ciclo de vida específico. Assim, modelos de ciclo de vida tanto cascata quanto iterativo-incremental podem ser adotados. Caso seja definido seguir o desenvolvimento por um ciclo de vida em cascata, o desenvolvimento se dá de forma sequencial, ou seja, só se avança para a fase seguinte quando uma fase estiver completa. No entanto, recomendamos fortemente o desenvolvimento iterativo-incremental, primeiro porque o desenvolvimento da ontologia pode ser em que várias partes que poderiam ser trabalhadas em paralelo e integradas quando completas. Segundo porque podem ser realizadas entregas parciais da ontologia para a comunidade já começar a utilização. E finalmente se pode começar a trabalhar com partes mais gerais da ontologia, e à medida que o desenvolvimento avança, o conhecimento sobre o domínio evolui e consolida. É muito difícil ter uma visão de todo o escopo do domínio científico que a ontologia vai cobrir já no início do projeto. Finalmente,

um aspecto importante do desenvolvimento iterativo-incremental de ontologias é a possibilidade de avaliar a qualidade da estrutura e arquitetura da ontologia construída já no início, nas primeiras iterações, podendo-se agir para corrigir algum problema tão logo ele apareça, além de evitar que novos problemas de mesma natureza ocorram.

Uma vantagem da abordagem usada no desenvolvimento da OntONeo é sua capacidade de se acoplar a diferentes tamanhos de projeto de ontologia. A abordagem se adaptada facilmente a uma série de variáveis, como por exemplo, o tamanho da ontologia, o domínio de interesse, a complexidade da ontologia em desenvolvimento, a experiência do time de desenvolvimento e o tamanho do time de desenvolvimento.

Um diferencial deste trabalho está na associação das diversas ferramentas desenvolvidas para apoiar os desenvolvedores de ontologia com as atividades de desenvolvimento que podem ser usadas. Por exemplo, o uso da ferramenta Ontobee para pesquisa de ontologia para reuso, e o uso da ferramenta Ontofox para recuperar os elementos de uma ontologia para serem reutilizados.

Este trabalho é parte da pesquisa de doutorado da autora, que traz maiores detalhes sobre a metodologia usada, além de exemplos de como cada atividade foi realizada e resultados obtidos em cada fase.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma proposta de processo de construção de uma ontologia de domínio testado na prática com o desenvolvimento de uma ontologia de domínio chamada OntONeo, que trata o conhecimento acerca dos registros de saúde eletrônicos gerados nos cuidados obstétricos e neonatais.

Para isso, no desenvolvimento da OntONeo, optou-se por combinar duas consolidadas metodologias já existentes, a metodologia do realismo ontológico (ARP; SMITH; SPEAR, 2015, p. 13; SMITH; CEUSTERS, 2010) e a metodologia *NeOn* (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010).

O realismo ontológico, além de fornecer motivos teóricos, oferece um conjunto de recomendações para realizar as atividades do desenvolvimento ontológico. Neste contexto, um domínio real, em vez de um modelo de dados, deve ser usado para representar a ciência estabelecida nesse domínio, proporcionando maior aproximação da realidade. Em relação a aspectos práticos, a NeOn fornece uma visão pragmática orientada para os principais aspectos do processo de engenharia de ontologia através de uma lista extensa e racional de processos e atividades de desenvolvimento compiladas de diversas outras metodologias.

Com este estudo, espera-se contribuir com o avanço da pesquisa em construção de ontologias no campo da ciência da informação, dada sua aplicação na solução problemas de organização e recuperação de informações em ambientes informacionais de diversos campos científicos.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa é parte da tese de doutorado da autora para obtenção do título de Doutora em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Durante o desenvolvimento da tese, a autora recebeu apoio em formato de bolsa de estudos de dedicação exclusiva das instituições de fomento CNPq e Fapemig. Adicionalmente, a autora recebeu apoio de bolsa de estudos para doutorado sanduíche pelo processo número BEX 10767/14-2 financiado pela Capes.

Agradece-se também à Dra. Zilma N. Reis, da Universidade Federal de Minas Gerais, à Dra. Faye Justicia-Linde, e ao Dr. Peter L. Elkin, ambos da Universidade do Estado de Nova York, em Buffalo, pelas orientações em questões médicas; ao Dr. Maurício Barcellos de Almeida, da Universidade Federal de Minas Gerais, por sua orientação e parceria durante todo o desenvolvimento da tese que deu origem a este artigo; e ao Dr. Barry Smith, da Universidade do Estado de Nova York, em Buffalo, por sua orientação em questões ontológicas e terminológicas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. B. D. Revisiting ontologies: a necessary clarification. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 64, n. 8, p. 1682-1693, 2013.
- ARP, R.; SMITH, B.; SPEAR, A. D. *Building ontologies with basic formal ontology*. Cambridge, Massachusetts: The Mit Press, 2015.
- BITTNER, T.; DONNELLY, M.; WINTER, S. Ontology and semantic interoperability: large-scale 3D data integration: challenges and opportunities. 2005. P. 139-160.
- CÔTÉ, R. G. et al. The Ontology Lookup Service, a lightweight cross-platform tool for controlled vocabulary queries. *BMC bioinformatics*, v. 7, n. 1, p. 97, 2006.
- COURTOT, M. et al. MIREOT: The minimum information to reference an external ontology term. *Applied Ontology*, v. 6, n. 1, p. 23-33, 2011.
- D'AQUIN, M. et al. Watson: a gateway for the semantic web. In: EUROPEAN SEMANTIC WEB CONFERENCE, 4., 2007, Austria. *Electronic proceedings...* Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.119.32>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- DE NICOLA, A.; MISSIKOFF, M.; NAVIGLI, R. A proposal for a unified process for ontology building: UPON. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATABASE AND EXPERT SYSTEMS APPLICATIONS, 16., 2005, Copenhagen, Denmark. *Proceedings ... Berlin: Springer, 2005. P. 655-664.*
- DING, Li et al. Swoogle: A semantic web search and metadata engine. In: ACM CONFERENCE ON INFORMATION AND KNOWLEDGE MANAGEMENT, 13., 2004, Washington, DC, USA. *Proceedings ... New York: ACM, 2004. P. 652-659.*
- FALBO, R. D. A. SABiO: Systematic Approach for Building Ontologies. In: JOINT WORKSHOP ONTO.COM/ODISE ON ONTOLOGIES IN CONCEPTUAL MODELING AND INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING, 1., 2014, Rio de Janeiro. *Proceedings ... 2014.*
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. Methontology: from ontological art towards ontological engineering. In: SPRING SYMPOSIUM ON ONTOLOGICAL ENGINEERING, 1997, Palo Alto, CA. *Proceedings...* Menlo Park, CA: The AAAI Press, 1997. P. 33-40.
- GANGEMI, A. Ontology design patterns for semantic web content. In: INTERNATIONAL SEMANTIC WEB CONFERENCE, 2005, Galway, Ireland. *Proceedings...* Berlin: Springer, 2005. P. 262-276.
- _____ et al. A formal ontological framework for semantic interoperability in the fishery domain. In: EUROPEAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE ECAI'02 - WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND SEMANTIC INTEROPERABILITY, 2002, Lyon, France. *Proceedings ... 2002.*

- GARCIA, A. et al. CMAPS supporting the development of OWL ontologies. In: INTERNATIONAL SEMANTIC WEB CONFERENCE, 7., 2008, Karlsruhe, Germany. *Proceedings ...* 2008.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.
- GRUBER, T. R. Ontology. In: LIU, L.; ÖZSU, M. T. (Ed.). *Encyclopedia of database systems*. Londres: Springer-Verlag, 2008. P. 1963-1965.
- GRÜNINGER, M.; FOX, M. S. Methodology for the design and evaluation of ontologies. In: WORKSHOP ON BASIC ONTOLOGICAL ISSUES IN KNOWLEDGE SHARING, AT THE INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 14., 1995, Montreal. *Proceedings...* Montreal: IJCAI, 1995.
- HAYES, P.; SAAVEDRA, R.; REICHHERZER, T. A collaborative development environment for ontologies (CODE). In: SEMANTIC INTEGRATION WORKSHOP 2003, Sanibel Island, Florida, USA. *Proceedings ...* CEUR Workshop, v. 7. p.139.
- _____ et al. COE: Tools for collaborative ontology development and reuse. In: KNOWLEDGE CAPTURE CONFERENCE (KCAP. 2005), 2005, Banff, Canada. *Electronic proceedings...* Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.592.2720>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.
- _____. *Metodologia do trabalho científico*. 7. ed. São Paulo: Atlas 2007. 228 p.
- 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 (HEMONTA)*. 2015. 320 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação)– Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A35H3K>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- MUNN, K.; SMITH, B. *Applied ontology: an introduction: metaphysical research*. Londres: 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* 2001. Disponível em: <https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- _____ et al. Protege-2000: an open-source ontology-development and knowledge-acquisition environment. 2003. In: AMIA SYMPOSIUM, 2003, Washington, DC, USA. *Proceedings ...* 2003.
- _____ et al. BioPortal: a web repository for biomedical ontologies and data resources. In: INTERNATIONAL SEMANTIC WEB CONFERENCE (ISWC2008), 7., 2008, Karlsruhe, Germany. *Proceedings ...* 2008.
- PINTO, H. S.; STAAB, S.; TEMPICH, C. DILIGENT: towards a fine-grained methodology for distributed, loosely-controlled and evolving Engineering of ontologies. In: EUROPEAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 16., 2004, Valencia, Spain. *Proceedings ...* Amsterdam: IOS Press, 2004. P. 393-397.
- POVEDA-VILLALÓN, M.; SUÁREZ-FIGUEROA, M. C. OOPS!: Ontology Pitfalls Scanner!, 2012. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, v. 10, n. 2, p. 7-34, 2014.
- _____; GÓMEZ-PÉREZ, A. Common pitfalls in ontology development. In: CONFERENCE OF THE SPANISH ASSOCIATION FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 2009, Seville, Spain. *Proceedings ...* Berlin: Springer, 2009. P. 91-100.
- _____. Common pitfalls in ontology development. In: _____. *Current topics in artificial intelligence*. Londres: Springer, 2010a. P. 91-100.
- _____. A double classification of common pitfalls in ontologies. In: ONTOQUAL 2010: WORKSHOP ON ONTOLOGY QUALITY AT THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND KNOWLEDGE MANAGEMENT (EKAW 2010), 17., 2010, Lisbon, Portugal. *Proceedings...* Portugal: [s.n.], 2010b.
- RUBIN, D. L.; SHAH, N. H.; NOY, N. F. Biomedical ontologies: a functional perspective. *Briefings in bioinformatics*, v. 9, n. 1, p. 75-90, 2008.
- SILVA, D. L. D. *Ontologias para representação de documentos multimídia: análise e modelagem*. 2014. 442 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação)– Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9NCGYM>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- SMITH, B. Ontology. In: FLORIDI, L. (Ed.). *The Blackwell guide to the philosophy of computing and information*. Oxford: Blackwell, 2003a. Cap. 11. P.155-166.
- _____. *Ontology and information systems*. 2003b. Disponível em: <[http://ontology.buffalo.edu/ontology\(PIC\).pdf](http://ontology.buffalo.edu/ontology(PIC).pdf)>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- _____ et al. *Basic formal ontology 2.0: specification and user's guide*. 2015.
- _____ et al. The OBO Foundry: coordinated evolution of ontologies to support biomedical data integration. *Nature Biotechnology*, v. 25, n. 11, p. 1251-1255, 2007.
- _____; CEUSTERS, W. Ontological realism: a methodology for coordinated evolution of scientific ontologies. *Applied ontology*, v. 5, n. 3-4, p. 139-188, 2010.

SØERGEL, D. The rise of ontologies or the reinvention of classification. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 50, n. 12, p. 1119-20, 1999.

STADTMÜLLER, S.; HARTH, A.; GROBELNIK, M. Accessing information about linked data vocabularies with vocab. cc. In: LI, Juanzi et al (Ed.). *Semantic web and web science*. Londres: Springer, 2013. P. 391-396.

SUÁREZ-FIGUEROA, M. C. *NeOn methodology for building ontology networks: specification, scheduling and reuse*. 2010. 268 f. Tese (Doutorado em Informática)- Departamento de Inteligência Artificial da Universidade Politécnica de Madrid, Madri, Espanha, 2010. Disponível em: < <http://oa.upm.es/3879/>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

_____; GÓMEZ-PÉREZ, A.; VILLAZÓN-TERRAZAS, B. How to write and use the ontology requirements specification document. In: MEERSMAN, R. et al (Ed.). *On the move to meaningful internet systems: OTM 2009*. Londres: Springer Berlin Heidelberg, 2009. Cap. 16. P. 966-982.

SURE, Y.; STAAB, S.; STUDER, R. On-to-knowledge methodology (OTKM). In: STAAB, S.; STUDER, R. (Ed.). *Handbook on ontologies*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2004. Cap. 6. P. 117-132.

USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods and applications. *The knowledge engineering review*, v. 11, n. 02, p. 93-136, 1996.

USCHOULD, M.; KING, M. Towards a methodology for building ontologies. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, WORKSHOP ON BASIC ONTOLOGICAL ISSUES IN KNOWLEDGE, 14., 1995, Montreal. *Electronic proceedings...* Montréal: DBLP, 1995. Disponível em: <<http://www.aiai.ed.ac.uk/project/oplan/documents/1995/95-ont-ijcai95-ont-method.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

VICKERY, B. C. Ontologies. *Journal of Information Science*, v. 23, n. 4, p. 277-286, 1997.

XIANG, Z. et al. OntoFox: web-based support for ontology reuse. *BMC Research Notes*, v. 3, n. 1, p. 175, 2010.

_____. et al. Ontobee: a linked data server and browser for ontology terms, ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ONTOLOGY (ICBO2011), 2., 2011, Buffalo, NY, USA. *Proceedings...* 2011.

_____. Ontobee: a linked data server that publishes RDF and HTML data simultaneously. *Semantic Web Journal*, v. 261, 2013. Disponível em: <http://www.semantic-web-journal.net/system/files/swj261_0.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2017.

YIN, R. K. *Case study research: design and methods*. 4th ed. Los Angeles, CA, US: Sage Publications, 2009.

APÊNDICE 1

MODELO DE DOCUMENTO DE ESPECIFICAÇÃO DE ARQUITETURA DA ONTOLOGIA.

Obstetric and Neonatal Ontology Architecture Specification Document		
1	Top-level ontology to extend	Basic Formal Ontology version 2.0
2	Ontology namespace	http://purl.obolibrary.org/obo/ontoneo/
	PREFIX or IDSPACE	Ontoneo
	Ontology IRI	http://purl.obolibrary.org/obo/ontoneo/ontoneo.owl
	Default purl	http://purl.obolibrary.org/obo/ontoneo/
	Local identifier	<a href="http://purl.obolibrary.org/obo/ontoneo/<PREFIX>_<999999999>">http://purl.obolibrary.org/obo/ontoneo/<PREFIX>_<999999999> Ex: http://purl.obolibrary.org/obo/ontoneo/ONTONEO_00000001
3	Ontology project website	https://ontoneo.com/
4	Development repository	https://github.com/ontoneo-project/Ontoneo
5	Development tools	Protégé version 5.2 Ontobee ontology search engine Ontofox system to get pieces of ontologies
6	Coding language	OWL 2 Web Ontology Language
7	Default language to ontology elements	English
8	Alternative language to ontology elements	Portuguese
9	License	Creative Commons CC-BY license version 4.0
10	Minimal ontology documentation	
<p>Each new element must be documented with: term creator, date of term creation, label both in English and Portuguese, definition both in English and Portuguese. Each reuse element must be documented with: source ontology.</p>		
11	Additional information	
<p>The ontology should follow the principles of the OBO Foundry. The ontology should reuse other ontologies already accepted by the OBO Foundry whenever possible. The ontology should prioritize the use open source tools. The ontology should use the modularization strategy in order to promote reuse flexibility of thematic modules.</p>		

APÊNDICE 2

ANOTAÇÕES DOCUMENTADAS NA ONTONEO

Quadro 1 – Principais anotações usadas na ontologia OntONEo

Fonte		Anotação	Escopo de uso
PREFIX	namespace		
dc	http://purl.org/dc/elements/1.1/	creator	Ontology
		contributor	Ontology
		license	Ontology
		date	
		source	
foaf	http://xmlns.com/foaf/0.1/	homepage	Ontology
		mbox	Ontology
rdf	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#	Description	
rdfs	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#	label	Ontology
		range	Properties
		domain	Properties
		comment	Ontology and entities
		isDefinedBy	Any component
owl	http://www.w3.org/2002/07/owl#	versionIRI	Ontology
		versionInfo	Ontology
		priorVersion	Ontology
obo	http://purl.obolibrary.org/obo/	IAO_0000111 editor preferred term	Entity
		IAO_0000114 has curation status	Entity and object property
		IAO_0000115 definition	Entity
		IAO_0000117 term editor	Entity
		IAO_0000118 alternative term	Entity
		IAO_0000119 definition source	Entity
		IAO_0000412 imported from	Imported components
oboInOwl	http://www.geneontology.org/formats/oboInOwl#	id	Entity
		created_by	
		creation_date	
		hasDbXref	Entity
protege	http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#	defaultLanguage	Ontology
ontoneo	http://purl.obolibrary.org/obo/ontoneo/	ONTONEO_1000000 alternative language	Ontology
		ONTONEO_1000002 translator to Portuguese	Entity and relation

Fonte: Do próprio autor.