

APLICAÇÃO DE DADOS INTERLIGADOS ABERTOS APOIADA POR ONTOLOGIA

LINKED OPEN DATA APPLICATION SUPPORTED BY ONTOLOGY

Linair Maria Campos
Maria Luiza de Almeida Campos

Resumo: Aplicações de dados interligados abertos têm se constituído em poderoso instrumento para promover a difusão do conhecimento, na medida em que colocam em contexto informações de naturezas diversas e afins, fornecendo ao receptor um significado estabelecido justamente pelas interações entre essas informações. Nesse cenário, ontologias atuam como um mecanismo conceitual que dará suporte à consistência dessa rede de ligações entre conceitos, e, conseqüentemente, às aplicações que se proponham a explorá-la. O objetivo desse trabalho é apresentar uma aplicação de dados interligados abertos como prova de conceito, apoiada pelo uso de uma ontologia, com o foco em servir como base para explicitar informações relacionadas a teorias científicas de uma área do conhecimento. A fundamentação teórico-metodológica parte de um levantamento na literatura sobre ontologias relacionadas ao conhecimento científico como apoio para aplicações de dados interligados abertos. Com base nessa fundamentação, tem-se como resultado um exemplo de aplicação real de dados interligados abertos que permite apontar as conexões existentes entre um conjunto de teorias presentes em artigos científicos, as quais versam sobre um mesmo conceito, alvo de um objeto de pesquisa. Esse objeto de pesquisa é referenciado em instâncias na ontologia proposta, a qual pode ser disponibilizada como uma base de dados interligados aberta. Esse exemplo de aplicação permitiu evidenciar possíveis interligações não antecipadas entre as teorias presentes nas instâncias da ontologia e a Dbpedia, bem como responder a uma série de questões com base no modelo da ontologia. Como conclusão, são apontadas evidências da importância do uso de ontologias como uma forma de apoiar aplicações de dados interligados abertos.

Palavras-chave: Ontologias. Dados interligados abertos. Teorias científicas. Aplicativo.

Abstract: Open linked data applications have constituted a powerful tool to promote the diffusion of knowledge, as it put into context related information of various natures, giving the recipient an established meaning represented by the interactions between these information. In this scenario, ontologies serve as a conceptual mechanism that will support the consistency of this network of connections between concepts, and consequently, the applications that propose to exploit it. The aim of this paper is to present an application of linked open data as a proof of concept, supported by the use of an ontology with a focus on serving as a basis for explicit information related to scientific theories of an area of knowledge. The theoretical and methodological basis consists of a survey of the literature on ontologies related to scientific knowledge as support for open linked data applications. Based on this reasoning, we have as a result an example of an implementation of open linked data, which point out the differences between a set of theories found in scientific articles, which deal with the same concept, the target of a search object connections. This research object is referenced in the proposed ontology instances, which can be made available as a basis for open linked data. This sample application has highlighted possible unanticipated interconnections between ontology instances and DBpedia, as well as answers a series of questions based on the ontology model. In conclusion, it is pointed out evidence of the importance of using ontologies as a way to support the open linked data applications.

Keywords: Ontologies. Linked open data. Scientific Theory. Application.

1 INTRODUÇÃO

Artigos científicos costumam seguir uma metodologia de pesquisa, que implica em adotar teorias, métodos e técnicas de pesquisa. O conjunto de teorias usado pelo autor reflete um recorte possível, dentre visões afins e contrárias a seu ponto de vista. Este ponto de vista implica um conjunto de pressupostos sobre o mundo que é alvo de seu estudo, ou seja, seu paradigma de pesquisa, o qual fornece um arcabouço conceitual e filosófico para guiá-lo, norteadando inclusive a escolha de métodos a serem adotados (PONTEROTTO, 2005).

As noções de paradigma e teoria às vezes se confundem, mas um paradigma possui um escopo mais amplo que uma teoria (MERTENS, 2010). Enquanto um paradigma fornece uma visão geral de mundo, uma teoria representa um conjunto de conceitos relacionados, definições e proposições para explicar e prever um determinado fenômeno (COHEN *et al.*, 2007, p.12). Um paradigma, então, poderia nortear a formulação de uma teoria, ou, em outras palavras, uma teoria poderia estar alinhada com um paradigma.

Em uma teoria os conceitos ocupam um lugar central, pois são elementos básicos para a elaboração de proposições, que, por sua vez, são elementos básicos das teorias (GRENON; SMITH, 2011). Dessa forma, uma teoria possui um conjunto básico de conceitos que lhes confere um escopo (FRIEDMAN, 2003), sendo que a maneira pela qual esse mundo é percebido depende desse conjunto de conceitos (COHEN *et al.*, 2007, p.14). Dessa forma, dado um determinado conceito que é alvo de um objeto de pesquisa, pode-se ter atrelado a ele uma série de teorias afins e antagônicas entre si.

Entretanto, os detalhes de um objeto de pesquisa, ou seja, seus conceitos, teorias, proposições, métodos, dentre outros, nem sempre são explicitados e por vezes são até adotados de forma não consciente pelo autor. Tal fato pode ocasionar uma maior dificuldade na compreensão do contexto em que se insere a problemática do objeto de pesquisa, e especificamente, na busca por teorias afins e em contraponto com a posição do autor. Cabe destacar ainda que o critério adotado para a seleção das teorias pelo autor é naturalmente limitado pela possibilidade de se manipular um volume cada vez maior de publicações disponíveis e das limitações dos próprios mecanismos existentes para a sua recuperação.

Idealmente, na ausência de mecanismos que automatizem a descoberta de teorias relacionadas a objetos de pesquisa (dada a complexidade dessa tarefa), estas poderiam ser descritas em bases de dados temáticas, e disponibilizadas através de metadados acessíveis de forma livre e padronizada. Para isso, faz-se necessária a existência de vocabulários que

tenham os conceitos a serem utilizados para a descrição de objetos de pesquisa e suas teorias e pressupostos. Nesse sentido, tendo-se em mente a descoberta de conhecimento relacionado, como, por exemplo, outras teorias de autores com pressupostos afins com os adotados por um pesquisador, aplicações de dados interligados abertos podem ser úteis. Embora o foco do presente artigo não esteja voltado para a elaboração dos vocabulários necessários para a descrição das teorias, é possível ilustrar a utilidade de aplicações de dados interligados abertos nesse cenário através do uso de ontologias de mais alto nível, incentivando-se, como trabalhos futuros, a criação de tais vocabulários de forma mais detalhada.

Nesse sentido, o uso de uma aplicação de dados interligados abertos de teorias presentes em artigos científicos apoiada por ontologia poderia ajudar a entender o contexto de tais teorias e a sua possível relação com outras, permitindo ainda evidenciar possibilidades de aplicações de saberes de natureza interdisciplinar. O objetivo desse trabalho é apresentar uma implementação de prova de conceito de uma aplicação de dados interligados abertos apoiada por uma ontologia com o foco em explicitar informações relacionadas a teorias que embasam artigos científicos, exemplificadas em uma área do conhecimento. A proposta é dita prova de conceito pelo fato de não se constituir em uma aplicação com interface customizada para uso geral. Embora essa customização não seja uma tarefa complexa, ainda não se encontra concluída. Nesse sentido, a ferramenta apresentada é um trabalho em aperfeiçoamento fruto de um esforço colaborativo conduzido no âmbito de um Grupo de Pesquisa em Ciência da Informação.

Dados abertos são instrumentos para o avanço do conhecimento científico, na medida em que se constituem em fontes de dados úteis de livre acesso que têm sido publicadas por diferentes organizações de interesse público (LIU *et al.*, 2011), muitas delas ligadas à comunidade científica. Quando esses dados são interligados em um contexto, podemos perceber de forma mais precisa o seu significado e a partir daí, obter conhecimento.

É importante destacar que o significado da informação é obtido não através da especificação do seu significado em si, o que não é possível de forma inequívoca, mas especificando como a informação interage com outra informação (JAIN *et al.*, 2011), formando um contexto em que a semântica pode ser percebida de forma indireta.

Corroborando com essa afirmativa, situa-se Kitcher (1989) que, no contexto de uma discussão sobre como se dá o entendimento do conhecimento, comenta que “compreender o fenômeno não é simplesmente uma questão de reduzir as “incompreensibilidades

fundamentais”, mas de perceber conexões, padrões comuns, naquilo que inicialmente parecia ser situações diferentes”. Para que essa rede de informações com significado se estabeleça é necessário que pessoas façam um esforço extra na codificação de informações em representações passíveis de processamento automático. Com esse esforço computadores terão condições de processarem, interpretarem e concatenarem dados. Nesse cenário se situa a importância de se planejar o modelo dessas informações, ou seja, quais os conceitos, as suas naturezas, características, e de que forma se relacionam uns com os outros. Esse modelo ajuda a delinear a precisão das possibilidades de busca e entendimento da informação, tanto para as máquinas quanto para as pessoas. A máquina cumpre o seu papel de manipular de forma eficiente e sistemática grandes quantidades de informação, muitas vezes a partir de ferramentas de software já existentes, que podem ser usadas de modo combinado, ainda que customizadas, ou adaptadas para demandas específicas. As pessoas, aqui entendidas como os profissionais da informação, cumprem o papel de fornecer os princípios que o software deve seguir para que possa tratar a informação de forma inteligente, por exemplo, os modelos, que não podem ser definidos à revelia da validação de pessoas e seus pontos de vista, sejam eles sociais, políticos, epistemológicos e/ou pragmáticos.

Nesse cenário, o foco do presente artigo se apresenta no âmbito dos estudos em dados abertos interligados enfatizando a questão da interligação semântica de dados de artigos científicos da área de Ciência da Informação, com foco no estudo de Ontologias.

O restante do artigo está estruturado como se segue: na seção 2 é apresentado o panorama de dados abertos interligados e sua aplicabilidade e ainda ferramentas que podem ser usadas no contexto da aplicação proposta; na seção 3 é feita uma discussão de trabalhos relacionados a abordagens de dados interligados abertos voltada para artigos científicos na temática de ontologias; na seção 4 é apresentada a aplicação de dados interligados abertos desenvolvida e os resultados obtidos e, por fim, na seção 5, conclusões e trabalhos futuros.

2 DADOS INTERLIGADOS ABERTOS: CONCEITO E FERRAMENTAS PARA INTERLIGAÇÃO DE CONCEITOS

Bizer *et al.* (2009) definem dados interligados abertos²⁰ como “um conjunto de boas práticas para estruturar e publicar dados estruturados na web”.

As iniciativas de dados interligados abertos, doravante referenciadas como LOD, têm tomado proveito do avanço de padrões web e são baseadas nos seguintes princípios: (1)

²⁰ *Linked Open Data* (LOD) em inglês.

uso de URIs (*uniform resource identifier*) como nomes para entidades; (2) uso de URIs via HTTP (*hypertext transfer protocol*), de modo que se possam buscar informações por esses nomes na web; (3) informações úteis associadas às URIs, usando padrões tais como RDF (*Resource Description Framework*) e SPARQL (*Protocol and RDF Query Language*) (W3C, 2008); (4) inclusão de associações com outras URIs, de modo que se possam descobrir mais entidades (BIZER *et al.*, 2009).

URIs via HTTP na prática se constituem em um mecanismo para atribuir a cada entidade (concreta, abstrata, ou ainda um conceito qualquer) na web um identificador único, através do qual o recurso pode ser referenciado, ligado a outros recursos, ou se pode recuperar uma descrição do recurso que a URI representa.

RDF é um formato padrão para representação de dados na web. Esse formato permite que se representem fatos através de triplas na forma de sujeito, predicado e objeto, que, por sua vez, representam entidades concretas ou abstratas do mundo real. Cabe destacar que conteúdos RDF podem estar disponíveis através de documentos (páginas) RDF, mas também podem estar disponíveis através de bancos de dados de triplas RDF. Seja como for, a linguagem SPARQL permite buscas nesse conteúdo, distribuído em diferentes locais na web, de forma transparente, como se fosse uma única fonte de dados. Além disso, SPARQL também inclui um protocolo para criação de serviços de fornecimento de dados na web (*SPARQL endpoints*), os quais são acessíveis de forma usual através da web, e que aceitam pesquisas, sendo os resultados fornecidos em formatos padronizados tais como XML e RDF, o que facilita a sua interligação com outros dados na web (D'AQUIN, 2012).

Essa interligação, que pode ser automática ou semi-automática, é feita ligando-se URIs e pode ser de duas formas: através do casamento de conceitos definidos em ontologias ou através de casamento de suas instâncias, ou seja, quando se tenta determinar se dois indivíduos se referem a uma mesma entidade de um domínio (SINGH *et al.*, 2013). Ainda, de acordo com Singh *et al.* (2013), muitas ferramentas têm sido propostas para ambas as formas de interligação, porém a tarefa tem se mostrado árdua, e muitas das propostas são voltadas para domínios específicos, ou para um tipo específico de dados. Entretanto, a ferramenta SILK (*Silk Link Discovery Framework*) (ISELE *et al.*, 2010) parece se destacar nesse cenário, sendo uma das mais usadas e eficientes para interligar instâncias de dados em RDF.

SILK é uma ferramenta de código aberto (*open source*) para descoberta semi-automática de interligações entre entidades de diferentes fontes de dados RDF, de acordo com heurísticas pré-definidas que podem ser configuradas pelo usuário.

A ferramenta SILK possui as seguintes características principais: (i) suporta a geração de links do tipo *owl:sameAs* (para indicar equivalência de instâncias), assim como outros tipos de links RDF; (ii) fornece uma linguagem declarativa flexível para especificar as condições para que sejam propostas ligações; (iii) pode ser empregada em ambientes distribuídos sem que seja necessário replicar os conjuntos de dados localmente; (iv) pode ser usada em situações onde termos de diferentes vocabulários são misturados e não há um esquema consistente por sobre esses dados; (v) implementa vários métodos para aumentar o desempenho e a carga na rede (VOLZ *et al.*, 2009).

Uma forma alternativa ao uso de ferramentas prontas para determinação automática de links é a implementação, em um software específico, de algoritmos baseados em padrões (*pattern-based algorithms*), os quais exploram padrões de nomeação de URIs para propor interligações. Por exemplo, dadas duas fontes de dados RDF alvo, se o ISBN de um livro fizer parte de duas URIs diferentes dessas fontes, o algoritmo poderá propor que se tratam de conceitos equivalentes, gerando a relação *owl:sameAs* para conectar as duas URIs (YU, 2011). A partir daí, por exemplo, queries SPARQL podem ser utilizadas para apresentar os resultados de conceitos considerados semelhantes, ou seja, que estejam ligados pela relação *owl:sameAs*. O desafio que se coloca a partir daí é identificar quais os conceitos que podem ser interligados e quais as relações possíveis de se estabelecer entre eles. Para isso é preciso conhecer os elementos básicos do domínio.

3 TRABALHOS RELACIONADOS A ONTOLOGIAS E DADOS LIGADOS ABERTOS

Na busca por trabalhos relacionados, foram consideradas ontologias e aplicações de dados interligados abertos que pudessem ser aplicadas à descrição de pesquisas científicas. Optou-se por um escopo de busca mais amplo, em vez de buscar apenas por trabalhos com foco em descrição de teorias, por entender que as teorias se situam no escopo das pesquisas científicas, levando a conceitos relacionados, como, por exemplo, autores, áreas de pesquisa e linha filosófica adotada. Cabe destacar que essa ontologia que aqui se coloca é a do artefato de software, e não a ontologia da filosofia, e seu papel é especificar e formalizar as entidades, relações e axiomas que correspondem ao ponto de vista ontológico adotado pelo pesquisador.

3.1 Ontologias aplicáveis ao conhecimento científico

Ontologias, em seu uso na Ciência da Informação, fornecem um modelo para representar os pressupostos epistemológicos e ontológicos, relevantes para o entendimento

de pesquisas e seu tratamento computacional através das iniciativas de dados interligados abertos, mas sua elaboração é um processo custoso. Por essa razão, é importante utilizar em alguns casos ontologias já existentes, devido à redução de esforços e ao favorecimento da padronização:

Uma parte fundamental no processo de publicação inclui a determinação e criação de vocabulários e ontologias que fornecem o modelo de dados subjacente aos conjuntos de dados interligados, objetivando uma visão mais integrada dos dados e a maximização da interoperabilidade semântica entre conjuntos de dados e entre produtores-consumidores. Outra parte importante na definição dos modelos de dados é a maximização do reuso e da extensão de vocabulários e ontologias existentes. Este é um elemento fundamental na redução do esforço envolvido no consumo e integração de conjuntos de dados interligados (CORDEIRO *et al.*, 2011, p.84).

Na literatura, foram encontradas algumas iniciativas de descrição de vocabulários com foco em aspectos específicos, tais como Bonomi *et al.* (2006) para descrição de dados de publicações científicas da arqueologia, Biolchini *at al.* (2006) para revisão sistemática de artigos de engenharia de software, Malheiros e Marcondes (2011) para publicação científica na área biomédica, Bibliographic Ontology (BIBO, 2014) para descrever citações e referências bibliográficas na web semântica, Colibrary (GENDARMI; LANUBILI, 2009) para descrever dados bibliográficos e de revisões de usuários. Essas iniciativas são voltadas, de modo geral, para os dados bibliográficos da publicação, como por exemplo, seu autor, veículo de publicação, ou então para capturar os elementos da temática da publicação, ou ainda a estrutura de afirmações científicas feitas nos artigos, neste último caso com o foco em descoberta de conhecimento.

De fato, até onde pudemos perceber, não foi encontrada uma proposta de ontologia voltada especificamente para publicações científicas que contemplasse detalhes sobre as teorias utilizadas por eles. Entretanto, a ontologia Phylo (GRENON; SMITH, 2011), ontologia da Filosofia, criada por Pierre Grenon e Barry Smith, este último filósofo e ontologista que atua na comunidade biomédica, foi considerada aplicável aos propósitos do presente trabalho, mediante adaptação. Traçando um modelo em alto nível da Filosofia, onde se insere a Epistemologia, Phylo permite uma visão geral sobre aspectos epistemológicos e ontológicos da pesquisa científica, incluindo as teorias e suas relações:

Os conceitos filosóficos são o mais próximo que chegaremos a unidades básicas de atividades filosóficas. Proposições filosóficas são em primeira aproximação feitas de conceitos. E as teorias são feitas de proposições (GRENON; SMITH, 2011, p.17).

A ontologia proposta por Smith propõe, de forma preliminar, quatro categorias ou classes principais, a saber: *Philosophical Object* (Objeto Filosófico), *Philosophical Field*

(Área da Filosofia), *Person (philosopher)* (Pessoa (filósofo)), e *Group of Persons (group of philosophers)* (Grupo de pessoas (grupo de filósofos)). Para a classe *Philosophical Object* (Objeto Filosófico), Smith propõe as seguintes subclasses:

- *concept* (conceito: por exemplo, o conceito de forma)
- *proposition* (proposição: por exemplo, que forma existe)
- *theory* (teoria: por exemplo, teoria das formas, de Platão)
- *argument* (argumento: por exemplo, argumento do Terceiro Homem, de Platão)
- *method* (método: por exemplo, o método dialético).

A ontologia Phylo propõe ainda um conjunto de relações binárias, como, por exemplo: *memberOf* (entre *person* e *group*), *subgroupOf* (entre *group* e *group*), *workedOn* (entre *person* e *concept* e entre *group* e *concept*), *subconceptOf* (entre *concept* e *concept*), *activeIn* (entre *person* e *field* e entre *group* e *field*), *inField* (entre *concept* e *field* e entre *philosophical entity* e *field*), *subfieldOf* (entre *field* e *field*).

Cabe destacar que a ontologia Phylo embora contemple a associação de um conceito a uma pessoa ou grupo de pessoas, ela não explicita que esse mesmo conceito pode ter definições diferentes, de acordo com o viés determinado pelo grupo de pessoas que trabalha no conceito. Por exemplo, podem-se citar pelo menos três definições diferentes para o conceito de tropo²¹ (ROJEK, 2008, p.367), cada uma defendida por um grupo de pessoas diferente. Dessa forma, como esse importante aspecto não fica explicitado, pode dar a entender que grupos de pessoas distintos trabalham com a mesma noção, o que é equivocado. Na verdade, elas podem trabalhar o mesmo conceito, porém com diferentes pontos de vista. Isso é determinado pela definição. Se pudermos dizer que as definições são as mesmas, então podemos chegar à conclusão que grupos distintos convergem em relação a um conceito. Do contrário, fica explicitada a divergência.

Embora a ontologia Phylo possua a relação *subConceptOf* que relaciona *concept* a *concept*, Smith deixa claro que essa relação é apenas para fins de especialização de um conceito, não estando essa especialização vinculada a uma teoria: “Nós usamos *subconceptOf* como a relação entre dois conceitos quando o primeiro é uma especialização do segundo. Além disso entendemos que a especialização é definitiva e não sujeita a debate filosófico, assim, em particular, não é dependente de uma teoria” (GRENON; SMITH, 2011, p.17).

Por outro lado, a ontologia Phylo possui a entidade *proposition*, através da qual se poderia diferenciar os conceitos usados nas teorias. Entretanto, para que fosse possível

²¹ São elas: Teoria de Tropos sem Universais, Teoria de Tropos com Universais Determináveis e Teoria de Tropos com Universais Concretos.

chegar à conclusão que as teorias convergem, teríamos de associar um conjunto de proposições (com seus respectivos argumentos) às respectivas correntes filosóficas. Se tomarmos a definição de conceito de Dahlberg (1978a), onde este é uma unidade de conhecimento formada pelo referente, o termo e proposições sobre o referente, é possível considerar *proposition* como sendo parte de *concept* e, assim, associá-las indiretamente a *group of persons* (representantes das correntes filosóficas). Nesse caso, teríamos a noção de um conceito com um viés, este determinado pelo grupo de pessoas.

3.2 Aplicações de dados interligados abertos relacionadas ao conhecimento científico

Apesar de o foco do presente trabalho não ser implementar uma aplicação de LOD para *descrição* de recursos, é importante disseminar o uso e compreender os aspectos envolvidos nesse tipo de iniciativa, que se constitui em uma realidade cada vez mais proeminente na web dos dias atuais:

Criar maneiras de facilitar o uso das informações e elaborar um ambiente no qual as informações estejam integradas deve ser objetivo dos profissionais da informação, que certamente têm um espaço na instrumentalização dessas tecnologias (SANTOS NETO *et al.*, 2013, p.86).

Dentre as aplicações de LOD pesquisadas relatadas a seguir, observou-se de fato que o diferencial entre elas é ontologia que apoia a aplicação em si. Entretanto, algumas aplicações apresentam aspectos úteis para uma aplicação de LOD, os quais podem ser utilizados em trabalhos futuros.

Börner *et al.* (2012) apresentam uma solução denominada VIVO, a qual tem o foco na informação sobre pesquisa e pesquisadores e fornece, além de uma ontologia, ferramentas para gerenciar a ontologia e uma plataforma para usar a ontologia e criar e gerenciar os dados interligados abertos a ela associados. Bonomi *et al.* (2006), por sua vez, apresentam um protótipo de uma biblioteca eletrônica (*e-Library*), a qual permite descrições e buscas semânticas nas coleções descritas, cujo vocabulário é voltado especificamente para publicações científicas da área de Arqueologia.

Kramer *et al.* (2012) propõem o uso de RDF com o foco em descrever e interligar dados trabalhados pelas pesquisas de ciências sociais na web. Contempla, dentre outros, os seguintes aspectos: interligação de publicações, pessoas e organizações a dados de pesquisa, interligação a dados geográficos, a estudos relacionados, e interligação de dados a licenças. Os autores utilizam-se do recurso de identificadores persistentes largamente usados na publicação acadêmica, como por exemplo DOIs (*Digital Object Identifiers*), para identificar unicamente os dados de pesquisa, assim como nas citações da publicação. Dessa forma, é

possível identificar, por exemplo, publicações que utilizem as mesmas fontes de dados, ou ainda, publicações que utilizem as mesmas bases teóricas. Embora essa proposta se aproxime do objetivo do presente trabalho, é importante destacar que existe uma diferença primordial, posto que Kramer *et al.* explicitam o aporte teórico na forma de links para as publicações científicas e não para as teorias ali utilizadas nem as linhas epistemológicas adotadas. Nesse sentido, funcionam mais como uma rede de citações bibliográficas, embora contextualizadas.

Todas essas aplicações evidenciam a utilidade e versatilidade de aplicações de LOD no que tange a representar de forma articulada dados do conhecimento científico. O desafio que se coloca para essas aplicações parece centrar-se não na infraestrutura tecnológica, mas sim na concepção do modelo da ontologia do domínio, uma vez que os resultados por elas apresentados são todos, em sua essência, dependentes dessa ontologia e nela apoiados.

4 APLICAÇÃO DE LOD APOIADA POR ONTOLOGIAS: MÉTODOS E RESULTADOS

Nas seções anteriores foi ilustrado o papel das ferramentas de software e dos aspectos epistemológicos e ontológicos voltados para a representação do domínio escolhido. Apontou-se também, embora não esteja no escopo do presente trabalho, a importância dos aspectos metodológicos, voltados para a compreensão do problema. Partindo desses conhecimentos, espera-se poder demonstrar a utilidade da aplicação de LOD para interligar teorias presentes em artigos científicos da temática de ontologias, e, através de um exercício simples dessa aplicação, voltar a lembrar a importância do papel do profissional da informação no uso de ferramentas de software e na modelagem da informação, conforme proposto por Campos *et al.* (2012).

4.1 Ontologia do conhecimento científico para uso na aplicação LOD

Conforme a recomendação de publicação de dados interligados abertos, procedeu-se à descrição de um conjunto de dados relacionados a teorias presentes em publicações científicas da temática de ontologias. Para isso, utilizou-se a ontologia do conhecimento científico que é apresentada a seguir. Essa ontologia foi inspirada na ontologia Phylo, e, tal como esta, é uma proposta preliminar, ainda em aperfeiçoamento.

Das entidades propostas por Smith na ontologia Phylo, para os propósitos do presente trabalho, foram reutilizadas as seguintes: conceito, teoria, área, pessoa e grupo de pessoas. Cabe observar que a ontologia Phylo é específica da Filosofia, enquanto que na presente proposta, o foco foi adaptado para a descrição do conhecimento contido em artigos

de pesquisa acadêmica, objetivando contemplar aspectos básicos desse conhecimento. A adaptação se aplica, pois está ancorada na descrição dos aspectos epistemológicos dos artigos, sendo que a Epistemologia é um ramo da Filosofia. Assim sendo, à semelhança de Smith, a FIGURA 1 ilustra exemplos de uso dos conceitos reutilizados.

Cabe lembrar que se faz necessário o desenvolvimento de vocabulários que descrevam as instâncias dos conceitos de alto nível descritos pela ontologia proposta, e que poderiam ser descritas em bases de dados temáticas, conforme mencionado na introdução do presente artigo. Porém esse não é o foco desse trabalho, e, nesse sentido, serão utilizados exemplos, de modo a viabilizar a utilidade da aplicação LOD proposta.

Ainda, com base na ontologia Phylo, a ontologia para o conhecimento científico também possui a preocupação para definir suas relações e minimizar ambiguidade na definição de conceitos. Corroborando com essa preocupação, na Ciência da Informação, Dahlberg (1978a, 1978b) destaca a importância das definições, na medida em que tornam explícito o conteúdo dos conceitos, fornecendo os elementos que vão forjar as relações entre eles. Dahlberg, através de sua Teoria do Conceito, propõe ainda que as definições revelam um conjunto de características comuns que são úteis para construir qualquer sistema classificatório (DAHLBERG, 1983).

Considerando a importância da definição dos conceitos da ontologia, explicamos a seguir de que modo são entendidas as entidades presentes na ontologia proposta, a saber: *research object* (objeto de pesquisa), *concept* (conceito), *biased concept* (conceito com viés), *theory* (teoria), *field* (área), *person* (pessoa) e *group of persons* (grupo de pessoas), *proposition* (proposição), *basic proposition* e *differential proposition*. Por motivos de simplificação, não será considerada a entidade *argument*.

Por *research object* entende-se a classe genérica, que agrupa os conceitos de *concept*, *biased concept*, *bias*, *proposition*, *basic proposition*, *differential proposition* e *theory*.

Por *field* entende-se a área de pesquisa na qual se insere um pesquisador ou seu objeto de pesquisa. Uma área de pesquisa pode estar subordinada a outra área de pesquisa. Por *person* entende-se o pesquisador que atua ou atuou em uma área de pesquisa, e o qual trabalha ou trabalhou em um objeto de pesquisa. Por *group of persons* entende-se a posição filosófica de um grupo de pessoas a qual pertence um pesquisador.

Por *concept* entendemos um objeto básico alvo de uma temática de pesquisa.

Por *biased concept* entendemos um *concept* porém com um viés que o difere de outros *biased concept*. Esse viés se manifesta através de um conjunto específico de

proposições, a saber, *differential proposition*. Os *biased concept* são assim especializações de um *concept* na medida em que todos concordam com um conjunto básico de proposições que está definida em *concept (basic proposition)*, embora cada um deles possua seu próprio conjunto de proposições que os difere entre si. *Biased concept* foi criada para reforçar a noção do viés de um grupo de pessoas trabalhando em um conceito. Considera-se que essa entidade expressa um ponto de vista consensual de um grupo de pessoas sobre um determinado conceito, sendo definida através de um conjunto de proposições específico. Naturalmente, considera-se que o ponto de vista expressa uma diferença, mas também algum consenso sobre alguma coisa. Por exemplo, têm-se duas visões distintas para um mesmo conceito básico de tropo feito por grupos diferentes de pessoas: tropos são abstratos e tropos são particulares. Essas proposições podem nos levar a conclusões importantes, dependendo do escopo de instâncias de teorias de tropos considerado. Tomando-se o ponto de vista de Rojek (2008), por exemplo, todas as teorias de tropos têm em comum a proposição de que “tropos são particulares” (esse seria o conceito básico de tropo). Em contrapartida, algumas teorias de tropos consideram que tropos são abstratos, enquanto que outras consideram que tropos são concretos. Dessa forma, esse conceito consensual, baseado no qual derivam conceitos afins, porém com diferentes vieses, é expresso na ontologia como *concept*. Os diferentes pontos de vista são os *biasedConcept*. Seria possível representar ambos como *concept*, mas nesse caso não ficaria explícita essa diferença importante de que existe um conjunto básico de proposições consensuais, *basicProposition*, que dá origem a um *concept* que é um conceito base para uma divergência de posições de pesquisa, divergência essa representada pelo diferente conjunto de proposições específicas, *differentialProposition*, que está associado a cada *biasedConcept*.

Um *concept* é definido ou trabalhado por um *groupOfPersons*, mas a tendência é que esse grupo seja de um escopo mais amplo do que o grupo de pessoas que trabalha no *biasedConcept*. Por essa razão, entende-se que os *biasedConcept*, são, de fato, trabalhados por um *GroupOfPersons* que é um *subgrupo* de um determinado *GroupOfPersons*. Entretanto, para fins de simplificação, esses detalhes não serão explicitados no mapa conceitual proposto para a ontologia do conhecimento científico (FIGURA 1).

Por *proposition* entendemos uma afirmativa sobre um referente no mundo. Uma proposição é expressa através de conceitos, embora sejam, por sua vez, parte de um conceito, como propõe Dahlberg. *Proposition* pode ser *differentialProposition* ou *basicProposition*.

Por *theory* entendemos um conjunto de afirmativas sobre o mundo, incluindo o que Giere (2004) descreve como teoria, lei e princípio.

Quanto às relações, as principais que foram adotadas, reutilizadas da Phylo, são: *memberOf* (membro de), *workedOn* (trabalhou em), *subgroupOf* (subgrupo de), *subconceptOf* (sub conceito de), *inField* (na área), *subfieldOf* (sub área de), *activeIn* (atua em).

As relações *subgroupOf*, *subfieldOf* e *subconceptOf* são usadas para denotar especialização para as entidades *Group*, *Field* e *Concept*, respectivamente, no sentido original adotado por Smith. Além dessas, foram utilizadas as relações *IsA* (gênero-espécie), para associar um *biasedConcept* a um *Concept* implicando um viés teórico distinto, *partOf* (e sua inversa *hasPart*), para associar um *BiasedConcept* a uma *Theory*, e para associar um *concept* a uma *basicProposition*. A relação *partOf* também é usada para associar uma *proposition* a uma *Theory*. Cabendo observar que nem toda *proposition* que compõe uma *Theory* pode estar associada a um *BiasedConcept* que faz parte da *Theory*. Por exemplo, uma *Theory* pode apresentar a *proposition* “formas existem”, sem que essa proposição específica esteja associada a um *BiasedConcept*.

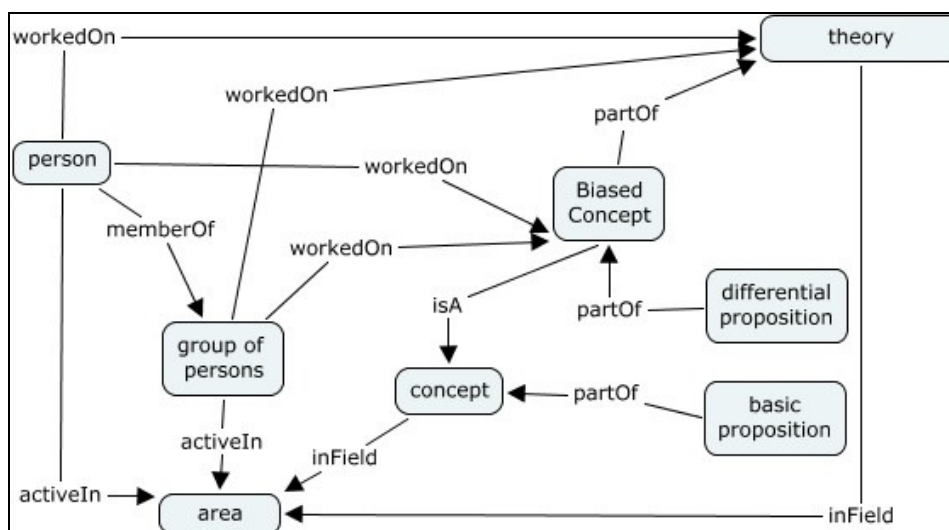
A relação *inField* entre um conceito objeto de pesquisa e uma área de pesquisa ocorre quando é o caso do conceito ser estudado pela área, como, por exemplo, no caso do conceito de categorias, o qual é estudado pela Ciência da Informação. Cabe destacar que o fato de um objeto de pesquisa ser estudado por uma área não impede que ele seja estudado também por outra área, embora provavelmente através de teorias diversas.

A relação *workedOn* é a relação entre uma *person* ou *groupOfPersons* e uma *theory*. Por exemplo, entre D.C. Williams e a Teoria de Tropos. É usada também para relacionar *person* ou *groupOfPersons* a *concept* ou a *BiasedConcept*.

Os conceitos da ontologia proposta são ilustrados através de um mapa conceitual, na FIGURA 1, sendo apoiado em uma adaptação da ontologia Philo. Nem todas as relações explicadas anteriormente estão ilustradas na FIGURA 1, por motivos de simplificar a visualização do modelo. Por exemplo, o conceito de *Proposition* foi omitido. Dessa forma, suas relações com *theory* (*partOf*) e com *differential proposition* e *basic proposition* (*Isa*) foram omitidas.

Um trecho do código OWL de um conjunto de instâncias desse modelo, usado no experimento descrito na seção 4 é ilustrado na FIGURA 2.

FIGURA 1: mapa conceitual simplificado da ontologia para o conhecimento científico



A ontologia proposta permite responder a várias perguntas, tais como: (i) de quais teorias o conceito *x* faz parte; (ii) de quais teorias o conceito *x* faz parte e são trabalhadas por um grupo de pessoas *y*; (iii) a que área pertence a pessoa *x* que trabalha na Teoria *y*; (iv) que pessoas trabalham na teorias *x* e em que áreas; (v) de que teorias fazem parte os conceitos *x* com a proposição *y*; (vi) qual o grupo de pessoas que trabalha no conceito *x*.

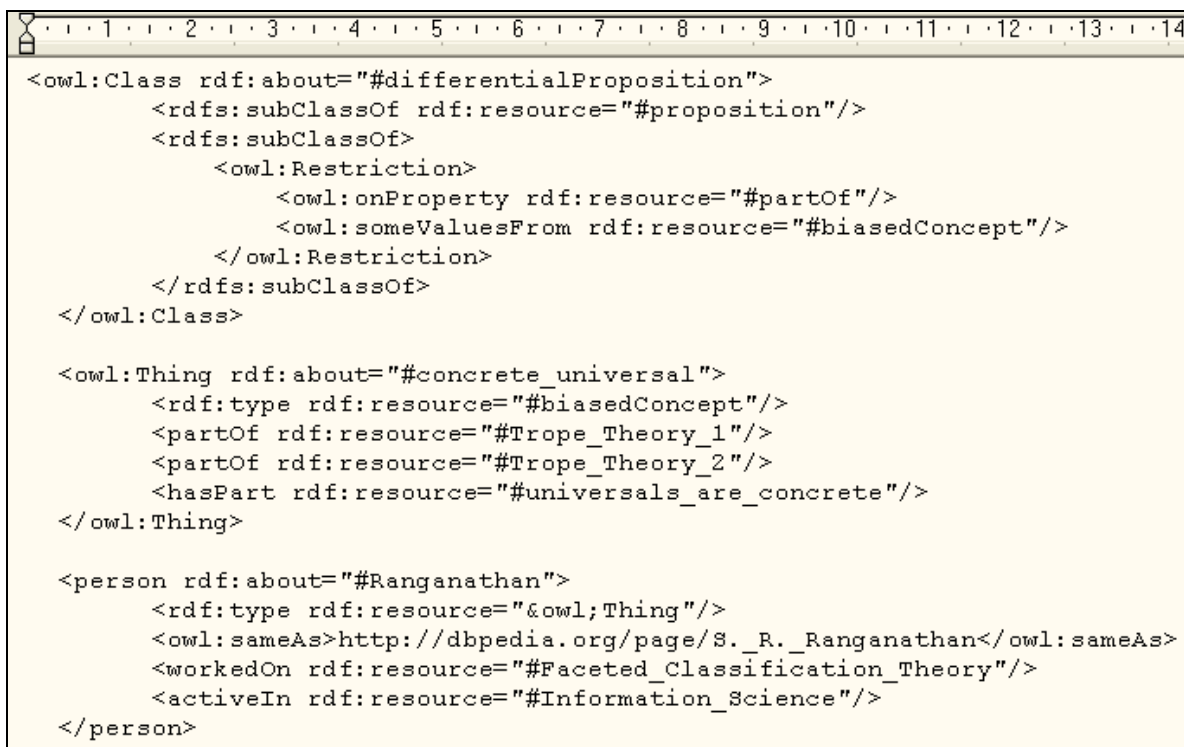
O conjunto de instâncias da ontologia do conhecimento utilizado como exemplo ao ser explorado responde a algumas questões específicas, conforme ilustrado na FIGURA 2. Essas respostas são fornecidas com base em Rojek (2008) e Dahlberg (1978a).

Algumas das questões respondidas são: (i) o *concept* “universal” faz parte das *theory* de Tropos1, Tropos2, Tropos3 e Teoria do Conceito; (ii) o *biasedConcept* de “universal concreto”, trabalhado pelo *groupOfPersons* “filósofos da pan-unidade”, faz parte das *theory* de Tropo1 e Tropo2; (iii) a *person* Ingetraut Dahlberg trabalha na Teoria do Conceito e atua na área da Ciência da Informação; (iv) as *person* Aristoteles, Ingarden e Husserl trabalham na *theory* Teoria de Tropos na *area* da Filosofia; (v) o *biasedConcept* “non-abstract universal”, com a *basicProposition* “universals are not abstract”, faz parte das *theory* Teorias de Tropos 1, 2, 3 e 4; o *biasedConcept* “concrete universal” com a *differentialProposition* “universals are concrete” faz parte das *theory* Teorias de Tropos 1 e 2; (vi) o *groupOfPersons* “realismo moderado” trabalha no *biasedConcept* “abstract universal”.

Uma semântica mais rica de descrição, como proposto, pode ser o ponto de partida para ajudar a construir perguntas mais objetivas e bem construídas. A modelagem das questões relevantes para o domínio, incluindo seus relacionamentos e a descrição e

interligação semântica dos seus dados, permitem resultados mais precisos. Por um lado, por auxiliar o interessado a formular a sua pergunta de forma objetiva e, por outro lado, por permitir que esses aspectos possam ser considerados como critério pelas ferramentas de software para trazer informação relevante relacionada.

FIGURA 2: Trecho da ontologia OntoSC



```

<owl:Class rdf:about="#differentialProposition">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#proposition"/>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#partOf"/>
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#biasedConcept"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>

<owl:Thing rdf:about="#concrete_universal">
  <rdf:type rdf:resource="#biasedConcept"/>
  <partOf rdf:resource="#Trope_Theory_1"/>
  <partOf rdf:resource="#Trope_Theory_2"/>
  <hasPart rdf:resource="#universals_are_concrete"/>
</owl:Thing>

<person rdf:about="#Ranganathan">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;Thing"/>
  <owl:sameAs>http://dbpedia.org/page/S._R._Ranganathan</owl:sameAs>
  <workedOn rdf:resource="#Faceted_Classification_Theory"/>
  <activeIn rdf:resource="#Information_Science"/>
</person>

```

4.2 Aplicação LOD e resultados obtidos

A aplicação de LOD proposta consiste em uma prova de conceito de uma ferramenta de software, mas envolve mais do que simplesmente uma codificação em uma linguagem de programação. Para que essa aplicação fosse concebida, foi necessário todo um estudo, conforme foi explanado nas seções anteriores, que permitiu o embasamento necessário para a compreensão dos problemas e dos requisitos a serem implementados na solução computacional. Além disso, envolveu um esforço da definição do modelo de uma ontologia, da seleção de um conjunto de dados adequado e da descrição desse conjunto como instâncias da ontologia, e ainda, da codificação da aplicação. Por questões de espaço, será apresentada uma breve explanação das funcionalidades da aplicação bem como do conjunto de dados utilizado.

A aplicação foi implementada em Java com uso da API Jena (2014), sendo a ontologia desenvolvida por meio da ferramenta Protégé OWL (2014). Fornece funcionalidades para que sejam feitas consultas, incluindo inferências, na base de instâncias

OWL cujo trecho é apresentado na FIGURA 2. Foi testada com sucesso para responder às perguntas apresentadas na seção 4.1, sendo que o resultado de um desses testes é ilustrado na FIGURA 3, o qual visa responder à pergunta “quais as teorias que têm como parte a proposição diferencial *universals_are_concrete*”.

FIGURA 3: Trecho do código Java que faz busca na ontologia OntoSC, com resultado

```

package Onto;
import com.hp.hpl.jena.rdf.model.Model;
public class PesqOnto2 {
    public static void main(String[] args) {
        OntModel m = ModelFactory.createOntologyModel(
            OntModelSpec.OWL_MEM_MICRO_RULE_INF, null );

        FileManager.get().readModel(m, "C:/Documents and Settings/xxx/Meus documentos/OntoScV4.owl");
        OntClass o1 = m.getOntClass ("http://www.semanticweb.org/OntoSC.owl#theory");
        OntClass o2 = m.getOntClass ("http://www.semanticweb.org/OntoSC.owl#biasedConcept");
        OntClass o3 = m.getOntClass ("http://www.semanticweb.org/OntoSC.owl#differentialProposition");

        QueryExecution qe3 = QueryExecutionFactory.create (
            "SELECT ?o1 "+
            "WHERE { " +
            "  <http://www.semanticweb.org/OntoSC.owl#universals_are_concrete> " +
            "  <http://www.semanticweb.org/OntoSC.owl#partOf> ?o2 ." +
            "  ?o2 <http://www.semanticweb.org/OntoSC.owl#partOf> ?o1 ." +
            "}", m);

        for (ResultSet rs = qe3.execSelect() ; rs.hasNext() ; ) {
            QuerySolution binding = rs.nextSolution();
            System.out.println("Instância: " + binding.get("o1"));
        } }
    }
}

```

<terminated> PesqOnto2 [Java Application] C:\Arquivos de programas\Java\jre7\bin\javaw.exe (25/07/2014 11:00:31)
 Instância: http://www.semanticweb.org/OntoSC.owl#Trope_Theory_2
 Instância: http://www.semanticweb.org/OntoSC.owl#Trope_Theory_1

A interligação de dados se dá através dos elementos *theory*, *person* e *field*, sendo feita com a Dbpedia²². A relação para indicar a interligação com a Dbpedia é owl:*sameAs*. Para a descoberta dos possíveis recursos alvo da Dbpedia (no caso do exemplo, Ranganathan) foi feita uma busca manual, que, por ocasião de uma versão futura, poderá ser substituída pela busca automatizada da ferramenta SILK. A busca na Dbpedia também foi implementada e apresentada como resultado complementar. Um extrato do código com a query SPARQL utilizada é ilustrada na FIGURA 4. Essa query tem como finalidade exibir todas as informações encontradas na Dbpedia associada ao recurso indicado na relação owl:*sameAs*. Dessa forma, foi possível complementar as informações contidas na ontologia OntoSC relacionadas a *Person* e de forma organizada, através de ligações nomeadas, trazendo uma semântica adicional que é um atrativo para o aprendizado. No caso de Ranganathan, por exemplo, foi possível obter a partir da Dbpedia informações sobre as

²² www.dbpedia.org

suas obras notáveis (*notableworks*), a saber, *Prolegomena of Library Classification*, *Ramanujan: the Man and the Mathematician*, *The Five Laws of Library Science*, dentre outras informações de interesse, conforme ilustrado na FIGURA 4.

FIGURA 4: Trecho do código Java com a query SPARQL para busca na Dbpedia com parte do resultado

```
String service = "http://dbpedia.org/sparql";
String query = "PREFIX dbo:<http://dbpedia.org/ontology/> " +
  "SELECT ?propertyValue ?propertyName " +
  "WHERE { " +
  "<http://dbpedia.org/resource/S._R._Ranganathan> " +
  "?propertyName ?propertyValue." +
  "}";
```

Markers Properties Servers Data Source Explorer Snippets Console

```
<terminated> PesqDbpedia [Java Application] C:\Arquivos de programas\Java\jre7\bin\javaw.exe (28/0
Library Administration@en
http://dbpedia.org/property/notableworks
Prolegomena to Library Classification@en
http://dbpedia.org/property/notableworks
Ramanujan: the Man and the Mathematician@en
http://dbpedia.org/property/notableworks|
The Five Laws of Library Science@en
```

5 CONCLUSÃO

Através de LOD, a web passa a disponibilizar um volume enorme de dados, não só documentos, que ao serem modelados em triplas RDF, permite que a web seja encarada como um grande banco de dados passível de inspeção por ferramentas de software já disponíveis na atualidade. Nesse cenário, ontologias são importante instrumento para explicitar de forma menos ambígua as informações que se disponibilizar de forma livre na *web*.

Para mostrar essa realidade, apresentou-se um exemplo de aplicação de dados interligados abertos apoiada por uma ontologia para descrever teorias científicas ligadas a áreas do conhecimento. Essa aplicação foi concebida a partir de uma revisão teórica na área de ontologias relacionadas ao conhecimento científico e em dados interligados abertos, tendo como objetivo servir como prova de conceito da utilidade e da viabilidade de se implementar uma solução tecnológica apoiada pela ontologia. A partir do modelo da ontologia proposta, foi criado um conjunto de instâncias de teste o qual serviu para evidenciar, como resultado, a utilidade do modelo para responder a um conjunto pré-determinado de perguntas. Trabalhos futuros podem abordar a questão de se criar um conjunto real de instâncias e de tornar a implementação publicamente disponível através da adaptação de sua interface de busca para a web. Como conclusão tem-se que o uso de

ontologias é útil para ajudar a conceber um modelo mais preciso com foco em responder perguntas, cujas respostas transcendem os dados da base de instâncias local, estendendo o conhecimento para uma nuvem de possibilidades ampliadas, concretizando o objetivo pretendido das aplicações de dados interligados abertos.

REFERÊNCIAS

BIBO, **The Bibliographic Ontology**, 2014. Disponível em: <<http://bibliontology.com/>>. Acesso em: 27 jul. 2014.

BIZER, C, HEATH, T., BERNES-LEE, T. Linked Data. The story so far. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, v. 5., n. 3., p. 1-22, 2009.

BONOMI, A. *et al.* A framework for ontological description of archaeological scientific publications. In: ITALIAN SEMANTIC WEB WORKSHOP, 3., Pisa. **Proceedings...**, Pisa: CEUR, 2006.

BÖRNER *et al.* VIVO: A Semantic Approach to Scholarly Networking and Discovery. **Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology**, v. 1., n. 7., p.1-178, 2012.

CAMPOS, L.M. et al. Dados abertos interligados e o espaço do profissional de informação: Uma aplicação no domínio da enfermagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 13., Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ICICT, 2012.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. New York: Routledge, 2007.

CORDEIRO, K.F. *et al.* An approach for managing and semantically enriching the publication of Linked Open Governmental Data. In: WORKSHOP IN APPLIED COMPUTING FOR ELECTRONIC GOVERNMENT, 3., Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: WCGE, 2011.

DAHLBERG, I. A referent-oriented, analytical concept theory of Interconcept. **International Classification**, v. 5, n. 3, p. 122-151, 1978a.

DAHLBERG, I. Conceptual compatibility of ordering systems. **Internacional Classification**, v. 10, n. 2, p. 5-8, 1983.

DAHLBERG, I. Teoria do conceito. **Ciência da Informação**, v. 7, n. 2, p. 101-07, 1978b.

D'AQUIN, M.: Putting Linked Data to Use in a Large Higher-Education Organisation. In: INTERACTING WITH LINKED DATA WORKSHOP, 1., Heraklion. **Proceedings...** Heraklion: ILD, 2012: p. 9-21.

FRIEDMAN, K. Theory construction in design research: Criteria: Approaches, and methods. **Design Studies**, v. 24, n. 6, p. 507-522, 2003.

GENDARMI, D.; LANUBILI, F. 2009. Colibrary: Linking Communities of Readers on the Social Semantic Web. In: SCRIPTING AND DEVELOPMENT FOR THE SEMANTIC WEB WORKSHOP, 6., Heraklion, Proceedings..., Heraklion: CEUR-WS.org, 2009, p.1-2.

- GIERE, R. How Models Are Used to Represent Reality. **Philosophy of Science**, v. 71, Supplement, p. 742-752, 2004.
- GRENON, P; SMITH, B. Foundations of an Ontology of Philosophy. **Synthese**, v. 182, n. 2, p. 185-204, 2011.
- ISELE, R.; JENTZSCH, A.; BIZER, C. Silk Server - Adding missing Links while consuming Linked Data. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSUMING LINKED DATA, 1., Shanghai, **Proceedings...** Shanghai: CEUR-WS.org, 2010, p.1-12.
- JAIN, P. *et al.* **How To Make Linked Data More than Data**, 2010. Disponível em: <<http://corescholar.libraries.wright.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1094&context=knoesis>>. Acesso em: 28 jul. 2014.
- JENA. **A Semantic Web Framework for Java**, 2014. Disponível em: <<http://jena.sourceforge.net/>>. Acesso em 28/07/2014.
- KITCHER, P. Explanatory Unification and the Causal Structure of the World. In: KITCHER, P.; SALMON, W. **Scientific Explanation**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989.
- KRAMER, S. *et al.* **Using RDF to Describe and Link Social Science Data to Related Resources on the Web**, 2012. Disponível em: <<http://pub.uni-bielefeld.de/publication/2524325>>. Acesso em: 25 ago. 2014.
- LIU, Q; *et al.* Linking Australian Government Data for Sustainability Science: A Case Study. In: WOOD, D. **Linking Government Data**, New York: Springer, 2011.
- MALHEIROS, L.R.; MARCONDES, C.H.. Identificación de los rasgos de descubiertas científicas en artículos biomedicos. **Revista EDICIC**, v. 1, n. 4, p. 30-48, 2011.
- MERTENS, D. A. Research and evaluation in education and psychology. Thousand Oaks: Sage, 2010.
- PONTEROTTO, J.G. Qualitative Research in Counseling Psychology: A Primer on Research. Paradigms and Philosophy of Science. **Journal of Counseling Psychology**, v. 52, n. 2, p. 126-136, 2005.
- PROTÉGÉ OWL, **Editor de Ontologias em OWL**, 2014. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: 28 jun. 2014.
- ROJEK, P. Three Trope Theories. **Axiomathes**, v. 18, n. 1., p. 359-377, 2008.
- SANTOS NETO, A.L. *et al.* Tecnologias de dados abertos para interligar bibliotecas, arquivos e museus: um caso machadiano. **Transinformação**, v. 25, n. 1, p. 81-87, 2013.
- SINGH, R, *et al.* A graphical user interface for SILK data link discovery framework. In: International Symposium on Open Collaboration, 9., New York. **Proceedings...** New York: ACM, 2013, p.241-242.
- VOLZ, J. *et al.* Silk – A Link Discovery Framework for the Web of Data. Workshop on Linked Data on the Web, 2., Madrid. **Proceedings...** Madrid: LDOW, 2009, p. 1-6.
- W3C, 2008. **SPARQL Query Language for RDF**, 2008. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

YU, L. A developer's guide to the Semantic Web. New York: Springer, 2011.