

NOVAS POSSIBILIDADES DE REPRESENTAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÕES USANDO O SPARQL

NEW POSSIBILITIES OF REPRESENTATION AND RECOVERY OF INFORMATION USING SPARQL

- **Antonio Josivaldo Dantas Filho** (Universidade Federal de São Carlos – antonio_jdf@hotmail.com)
- **Rogério Aparecido Sá Ramalho** (Universidade Federal de São Carlos - rogerio.ramalho@gmail.com)

Resumo:

Com o volume de dados em crescimento exponencial na internet, houve a demanda de novas tecnologias para armazenar, recuperar e interligar as informações, de forma ágil e padronizada. Como princípio dessa solução, surgiu o termo Web Semântica, que com o RDF promove a padronização de dados por meio de linguagem XML/RDF em formato de triplas. Nesse contexto o SPARQL permite a recuperação da informação por meio de consultas em dados estruturados. O objetivo dessa pesquisa exploratória é desenvolver um estudo dos conceitos modelo de representação do RDF e recuperação por meio do protocolo SPARQL. A metodologia utilizada nesta pesquisa conta com uma revisão bibliográfica e documental, seguida de um estudo e descrição em torno do uso do RDF e SPARQL no intuito de contribuir para um melhor entendimento dessas tecnologias. O protocolo SPARQL possui uma grande gama de possibilidades para aplicação com grande perspectiva de evolução na recuperação da informação.

Palavras-chave: SPARQL; RDF; Web Semântica; Representação de Dados; Recuperação da Informação.

Abstract:

With the volume of data growing exponentially on the internet, there was the demand for new technologies to store, retrieve and link information, with an agile and standardized way. As principle of this solution, the term Semantic Web emerged, that with RDF promotes standardizes data via XML / RDF language in triple format and SPARQL allows the retrieval of information through consultation on structured data. The purpose of this exploratory research is to develop a study of the model concepts of RDF representation and recovery through the SPARQL protocol. The methodology used in this research has a bibliographic and documentary review, followed by a study and description about the use of RDF and SPARQL in order to contribute to a better understanding of these technologies. The SPARQL protocol has a wide range of possibilities for application with great perspective of evolution in the information retrieval.

Keywords: SPARQL ; RDF; Semantic Web; Data Representation; Information Retrieval.

1. Introdução.

Com o desenvolvimento e popularização dos ambientes digitais, houve o surgimento de novas demandas informacionais em uma sociedade cada vez mais baseada em interações virtuais. O objetivo deste trabalho, iniciado em agosto de 2017 atualmente em andamento, é a análise das novas possibilidades de representação relacionadas ao uso das denominadas tecnologias semânticas, com foco principal nas potencialidades de recuperação oferecidas pelo protocolo *Simple Protocol and RDF Query Language* (SPARQL).

O cenário contemporâneo exige uma transformação da web documental, relacionada à exibição de informação ilegível por programas, para uma rede interligada de documento e, nesse contexto, a Web Semântica possui uma proposta que permite maior compartilhamento, reuso e geração dos dados, tanto entre pessoas quanto entre máquinas.

Do ponto de vista metodológico a pesquisa é de natureza exploratória e abordagem qualitativa, com revisão bibliográfica e documental a artigos de periódicos na área de ciência da informação e tecnologia da informação cabendo aos autores observar e pontuar o levantamento relevante obtido.

Entre as principais tecnologias que fundamentam a proposta da denominada Web Semântica, pode-se destacar a *eXtensible Markup Language* (XML) e o *Resource Description Framework* (RDF) que possuem como objetivo representar e estruturar formalmente os dados de maneira mais eficiente, de modo que seja possível a realização de inferências automáticas e recuperação mais eficiente.

Nesta perspectiva um novo padrão de recuperação foi proposto para favorecer a recuperação de dados estruturados com base nas novas tecnologias semânticas e foi denominado como SPARQL. Assim, o presente trabalho apresenta os conceitos básicos da denominada Web Semântica e descreve as principais características do modelo RDF e do protocolo SPARQL.

2. Referencial Teórico.

2.1. Web Semântica.

Segundo Tim Berners-Lee, James Hendler e Ora Lassila (2001) a Web Semântica tem como ponto principal uma estruturação diferenciada da Web atual, de forma que permita uma interação otimizada entre pessoas e computadores. Essa proposta inicial foi publicada na revista *Scientific American* volume 284 edição 5 no artigo "The Semantic Web". No artigo os autores abordam a disponibilização dos dados de forma interligada, evitando restrições de conhecimento. Para isso, cada informação disponibilizada deveria conter uma estrutura padrão interna, com vocabulários que permitiriam a ligação entre diversos objetos de dados, sem a necessidade do conhecimento do usuário.

O *World Wide Web Consortium* (W3C) é um grupo de empresas, profissionais, cientistas e instituições acadêmicas que são responsáveis pela criação, organização e publicação de padrões tecnológicos de estruturação e recuperação semântica que regulam a nova World Wide Web. O W3C propõe desenvolver um ambiente onde a informação seja

expressa de maneira a possibilitar a automatização de tarefas e a melhor utilização dos recursos por parte dos usuários. Diferentemente da Web tradicional, que procura somente a documentação individual da informação, esta possibilita uma internet de significados, ou Web de Dados, com bases abertas e padronizadas, e com o propósito de integração e extração de conhecimento por sistemas inteligentes (FEITOSA, 2006).

Assim, atualmente é possível realizar contribuições na Web Semântica, de forma confiável incrementando ou desenvolvendo diversos vocabulários padronizados, ontologias e aplicação de inferências, possibilitando uma Web para todos os usuários e em todos os equipamentos possuindo um significado aos dados. A W3C estuda diversas tecnologias da web e definiu uma coleção recomendada para constituir as camadas da Web Semântica atual. Entre elas que serão estudadas nesse trabalho estão o RDF e o SPARQL (W3C, 2017).

A seguir são apresentadas as camadas que compõem a Web Semântica, a figura 1 é uma adaptação de Tim Berners-Lee (2005) publicada e traduzida por Primo (2013), representada por uma pilha de tecnologias com mais segurança para realização das operações de modificação e consulta.

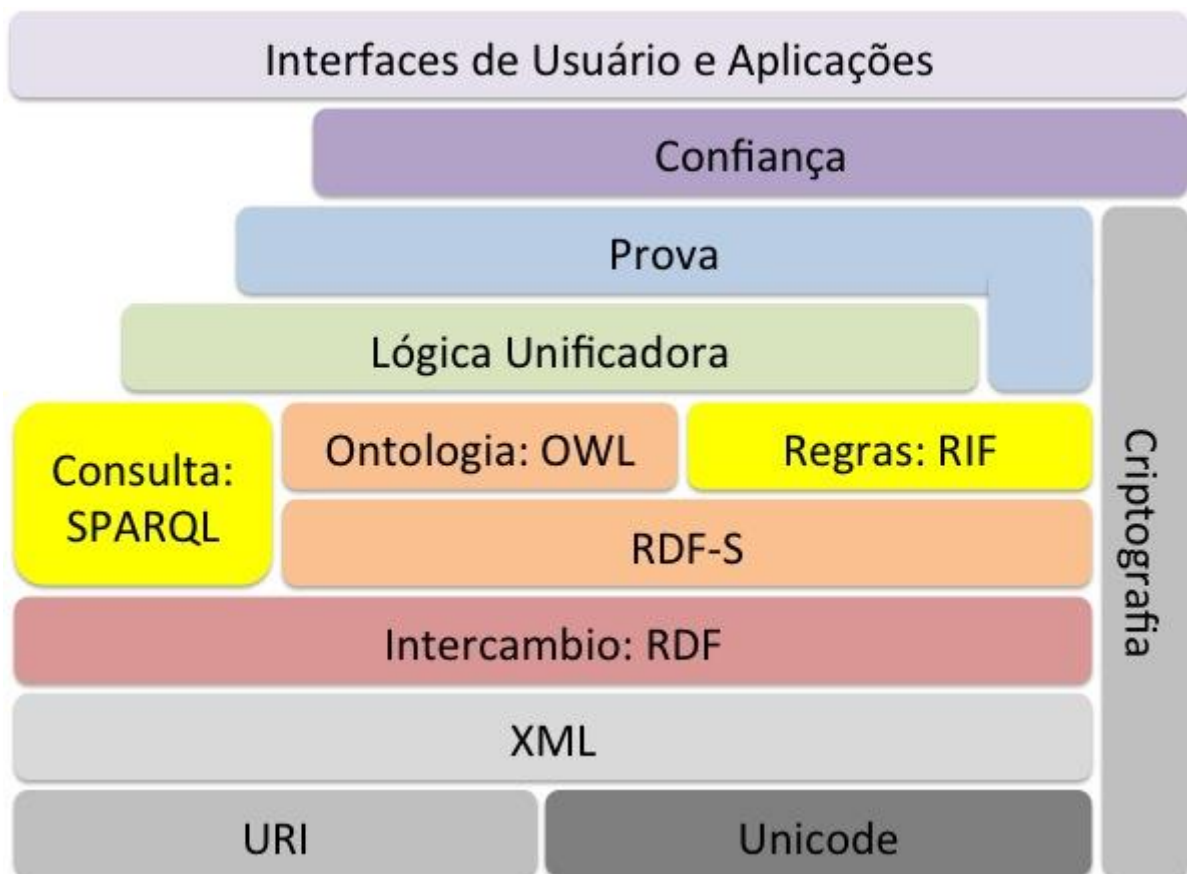


Figura 1. Pilha da Linguagem da Web Semântica.

Fonte: Primo 2013.

Referente à Figura 1, interpreta-se as camadas da seguinte maneira (PRIMO, 2013):

- Unicode - indica a padronização dos caracteres de forma acessível à leitura das pessoas.
- URI - representa uma forma de localização de recursos, geralmente por meio de URL (*Uniform Resource Locator*) de modo que eles possam ser acessados por diversos meios tecnológicos e possua um significado único para o documento.
- XML - Nessa camada são aplicados os vocabulários definidos. Semelhante ao HTML, permite a padronização dos vocabulários para utilização em diferentes plataformas de acordo com as sintaxes implementadas.
- RDF - é o modelo estabelecido para representação da Web Semântica. A modelagem é realizada nessa camada, semelhante à estrutura de classe, e a descrição do recurso é baseada em triplas (sujeito, predicado e objeto).
- RDFs (RDF Schema) - é o conjunto de classes e propriedades de recursos por meio do RDF, com essa camada são permitidas inferências simples.
- OWL (*Ontology Web Language*) e RIF (*Rule Interchange Format*) - são recomendações da W3C, utilizadas para o desenvolvimento de ontologias na Web e integrações de regras, permitindo a interligação entre diferentes linhagens de recurso.
- SPARQL - é uma camada baseada no SQL, e é responsável por promover um padrão para consultas compatíveis com RDF.
- Prova - contém o conjunto semântico e as regras para serem executadas nas camadas inferiores, e nessa camada são realizadas, também, provas dos resultados das inferências.
- Criptografia - A criptografia é aplicada entre as camadas anteriores para garantir a segurança na comunicação. São utilizadas como assinaturas digitais, e, atualmente, a recomendação da W3C é a *Web Cryptography API*.
- Confiança - nessa camada são utilizados mecanismos para controle de acesso, garantindo que as entradas e os resultados sejam confiáveis.
- Interfaces de Usuário e Aplicações - São as aplicações desenvolvidas para o uso destas tecnologias. Para obter os dados em uma estrutura semântica é necessária a utilização desse modelo, criando assim uma rede de informação.

Ligada aos princípios da Web Semântica o DBpedia é uma base de dados cujo objetivo inicial é extrair e utilizar o conteúdo estruturado, a partir das informações do Wikipédia, que é um site de enciclopédia colaborativa, universal e multilíngue, estabelecido na internet sob o princípio Wiki. A Wikipédia contém bilhões de declarações RDF, e é disponibilizada em até 119 idiomas diferentes (DBPEDIA, 2017). Atualmente, existem, de acordo com o site The Linking Open Data Cloud Diagram, cerca de 1200 coleções de dados estruturados nos padrões do W3C denominados *Datasets*, entre eles o DBpedia, que será um dos objetos de estudo desse trabalho. Não é proposta dessa pesquisa analisar outros *datasets* disponíveis como os citados na figura 1, contudo, é interessante saber quais podem fornecer muitos dados relevantes para a tomada de decisão do cotidiano da sociedade.

2.2. RDF.

O RDF é utilizado como estrutura de dados para representação formal. Como apresentado por Ferreira e Santos (2013, p.21), “considera-se que o modelo RDF pode ser utilizado para representar recursos de maneira simples, flexível e interpretável, podendo conter representações abrangentes, do ponto de vista cognitivo, e sintéticas para a tomada de decisão dos usuários sobre os recursos buscados”. Com os componentes básicos em forma de tríade, recurso, propriedade e valor, são responsáveis pelo intercâmbio de dados, e permitem que os itens de conceito sejam lidos por agentes inteligentes de forma eficaz.

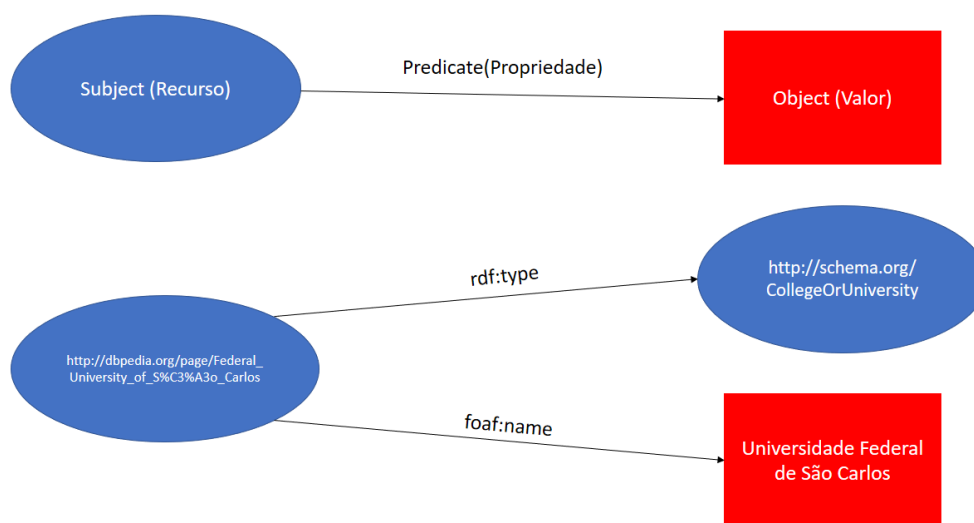


Figura 2. Esquema de Triplas(Acima) Exemplo de Grafo da UFSCar no DBPedia(Abaixo).
Fonte: Próprio Autor 2017.

No esquema de triplas acima o recurso, também chamado de sujeito, é a informação identificada por uma URI, um local interno ou página na WEB como uma URL ou identificador único, onde contém as propriedades e os valores correspondentes. As propriedades, também chamadas de predicado, são a representação das características de um recurso, descrevendo formalmente o atributo dos conceitos. Ela permite distinguir recursos ou descrever o relacionamento entre eles. Os valores, também chamados de objeto, são a representação dos dados que compõe a informação (RAMALHO, 2015).

No exemplo de Grafo da UFSCar no DBPedia recurso disponível no link <http://dbpedia.org/page/Federal_University_of_S%C3%A3o_Carlos>, referente à Universidade Federal de São Carlos no DBPedia, possui como uma de suas propriedades o name, do vocabulário <<http://xmlns.com/foaf/0.1/>>, com o valor “Universidade Federal de São Carlos” em formato de String (Sequência de caracteres). Além desse também é apresentado a ligação a outro recurso, o <<http://schema.org/CollegeOrUniversity>>, por meio da propriedade *type*, do vocabulário <<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>>.

Apresentado por meio gráfico, o esquema RDF também pode ser representado para serialização de diferentes formas como RDF/XML, RDFa, Turtle e N3 em ambientes

computacionais (W3C, 2010). Como representação padrão de formato de intercâmbio de dados será utilizado a recomendação da organização W3C, o XML. Assim o RDF estabelece na realidade um padrão de metadados para ser inserido na codificação XML (SOUZA; ALVARENGA, 2004).

O XML é uma formatação atual de linguagem de marcação originada a partir do GML (*General Markup Language*), desenvolvida pela IBM em 1969, para definição de textos em marcadores de estrutura como tabelas, parágrafos, cabeçalhos, entre outros (Moreno; Brascher, 2007). Ele permite o consumo das informações de texto pelas máquinas, por sua estrutura de tags restritas a validação e formatação, também admite o desenvolvimento em outras linguagens seguindo determinado formato. Assim como na linguagem natural é necessário saber as regras que condicionam o uso do idioma, isso também ocorre no ambiente computacional, permitindo ao sistema realizar a correta leitura do arquivo RDF, sendo necessário o conhecimento prévio da sintaxe para determinado assunto. A seguir, é apresentado um recorte de como é representada a UFSCar na DBPedia na sintaxe XML/RDF.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/" >
  <rdf:Description
    rdf:about="http://dbpedia.org/resource/Federal_University_of_São_Carlos">
    <rdf:type rdf:resource="http://schema.org/CollegeOrUniversity" />
    <foaf:name xml:lang="pt">Universidade Federal de São Carlos</foaf:name>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Figura 3. Recorte do RDF/XML da UFSCar no DBPedia.

Fonte: Próprio Autor 2017.

6

Na figura 3 mostrada acima é possível notar a estrutura do RDF apresentado em formato XML por meio das *tags* apresentadas. No exemplo, antes de qualquer outro caractere é necessário a *tag* de formato do XML. Logo após são apresentadas as *tags* de formatação principal do RDF <rdf:RDF>, juntamente com o URI pertencentes aos vocabulários utilizados na estrutura, os itens descritos dentro desta *tag* de acordo com o definido, no exemplo *Descriptor*, *type* e *name*, permitindo a inserção da informação no documento.

Como descrito por Berners-Lee (2006), a Web Semântica não é apenas um depósito de dados, e sim de ligações para que uma pessoa ou máquina possa explorar um conjunto de dados. A partir da disponibilização desses dados de forma pública, além dos recursos locais que podem ser integrados, é necessário realizar a recuperação dos conjuntos de informação de forma computacional transformando em conhecimento útil. Dessa maneira, o SPARQL promove a possibilidade de infinitas combinações de instruções com sintaxes específicas para execução comando de consulta, denominada *query*, aplicado a diversos Datasets ligados.

3. Protocolo SPARQL.

O protocolo SPARQL, atualmente encontra-se na versão 1.1 Overview, recomendada pela W3C desde 21 de março de 2013, e realiza consultas na web semântica, em regimes de vinculação. Dessa forma, o protocolo é composto por declarações de prefixos, definição do conjunto de dados, a cláusula de resultado, o padrão de consulta e os modificadores de consulta, limites, ordenação, entre outros, como discriminados após a figura que segue (FEIGENBAUM, PRUD'HOMMEAUX, 2011).

```
#1 Declarações de Prefix
PREFIX foo: <http://example.com/resources/>

#2 Cláusula de Resultado
SELECT ...

#3 Definições de Dataset
FROM ...

#4 Padrão da Consulta
WHERE {
    ...
}

#5 Modificadores do Resultado
ORDER BY ...
```

Figura 4. Estrutura da cláusula do SPARQL.

Fonte: FEIGENBAUM e PRUD'HOMMEAUX, 2011 (Adaptado).

Basicamente, como ilustrado,

1. utiliza o comando PREFIX para identificar a URI recurso, abreviando e assim facilitando o uso. O trecho deve conter após o comando os caracteres que serão utilizados, o caractere : para separar e a URI entre sinais de menor, maior. É preciso sempre verificar a disponibilidade do caminho informado, caso retorne erro 404 o recurso não está disponível ou foi removido.
2. A instrução SELECT apresenta, a seguir, os itens que serão exibidos no resultado da consulta. Geralmente variáveis que são identificadas pelo caractere ? e separados por espaçamento.
3. Caso necessário, na ferramenta de consulta utilizada são informados, a partir do FROM, os Datasets que serão utilizados, ou seja, os grafos de RDF que estão sendo consultados.
4. O WHERE define os padrões, ligações e modificadores de resultado da *query*, utilizando os vocabulários e datasets informados acima. Aqui poderão ser

aplicados também regras lógicas (comparação, filtros, entre outros) que retornarão conjuntos específicos.

5. Os modificadores do resultado são informados ao final da instrução para que seja apresentada a instrução da forma especificada. São diversas formas de edição do resultado como: ordenação, remoção, agrupamento, entre outros.

Para realização das instruções de consulta será utilizado o serviço SPARQL Service EndPoint da DBPedia, que utiliza a ferramenta Virtuoso SPARQL Query Editor Version 07.20.3224, disponível no site <<http://dbpedia.org/sparql>>.

O Endpoint é um serviço disponível em HTTP para execução de consultas, ele reserva o caminho '/sparql', para realização do envio de instruções de consulta e utiliza os métodos GET (receber) e POST (enviar). O Virtuoso é um motor de banco de dados virtual, desenvolvido para aceitar diversos servidores diferentes apenas informando o grafo a ser utilizado inicialmente. A seguir um exemplo de instrução SPARQL executada na Endpoint da DBPedia (Virtuoso, 2017).

```
#1 Declarações de Prefix
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>

#2 Cláusula de Resultado
SELECT ?valor

#3 Definições de Dataset
FROM <http://dbpedia.org/>

#4 Padrão da Consulta
WHERE{
    ?propriedade a schema:CollegeOrUniversity;
    foaf:name ?valor ;
    dbp:otherNames ?filtro .
    FILTER (lcase(str(?filtro)) = "ufscar")
}

#5 Modificadores do Resultado
ORDER BY DESC (?valor) LIMIT 1
```

Figura 5. Exemplo de Instrução de Consulta SPARQL com a estrutura padrão.

Fonte: Próprio Autor 2017.

Também com o EndPoint da DBPedia é possível exportar o resultado da *query* em diferentes formatos, como HTML para visualização simples, ou com XML/RDF os resultados podem ser facilmente utilizados e transmitidos entre computadores usando diferentes tipos de sistemas operacionais e idiomas. A seguir o resultado para a consulta da Figura 5.

valor
"Universidade Federal de São Carlos"@en

```

<rdf:RDF xmlns:res="http://www.w3.org/2005/sparql-results#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  <rdf:Description rdf:nodeID="rset">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2005/sparql-results#ResultSet" />
  <res:resultVariable>valor</res:resultVariable>
  <res:solution rdf:nodeID="r0">
  <res:binding rdf:nodeID="r0c0">
  <res:variable>valor</res:variable>
  <res:value xml:lang="en">Universidade Federal de São Carlos</res:value>
  </res:binding>
  </res:solution>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
    
```

Figura 6. Resultado em HTML (acima) e Resultado em RDF/XML(abaixo).

Fonte: Virtuoso DBPedia 2017.

No exemplo acima o objetivo é apresentar o nome padrão da universidade a partir de um de seus outros nomes. Foi solicitado como resultado da instrução uma variável definida como **?valor** referente à propriedade *name* do recurso encontrado do tipo *CollegeOrUniversity* que fosse compatível com o filtro solicitado da propriedade *otherNames*. Além disso, foi solicitado como modificador a ordenação decrescente e o limitador de um resultado.

Dentro do comando *WHERE*, o caractere **a** após a variável definida como **?propriedade** define que o recurso informado a seguir será relacionado a essa variável para estabelecer as ligações, também são relacionadas duas terminações de instruções, uma com o caractere **;** que é utilizado para separar dois padrões de triplas do mesmo assunto, e o caractere **.** que é utilizado para indicar que o item atual é relacionado ao item anterior. Também são notadas funções de *string* disponibilizadas pelo protocolo SPARQL, no exemplo acima pode-se observar uma conversão com a função *str* e transformação em caixa baixa com a função *lcase*.

Diversas *queries* podem ser exploradas com o SPARQL no DBPedia a partir dos operadores, sempre respeitando a ontologia e a estrutura lógica do Linked Data disponíveis, além das funções e operadores definidos no protocolo SPARQL. A seguir, é apresentada uma consulta gerada no DBPedia com função na cláusula de resultado.

```
SELECT DISTINCT ?Nome ?HomePage
WHERE {
  {
    ?Universidade a schema:CollegeOrUniversity.
  }UNION{
    ?Universidade a dbo:University.
  }
  ?Universidade dbo:state <http://dbpedia.org/resource/São\_Paulo\_\(state\)> .
  ?Universidade foaf:name ?Nome .
  ?Universidade foaf:homepage ?HomePage .
}
ORDER BY ?Universidade
LIMIT 10
```

Nome	HomePage
"Faculdade de Informática e Administração Paulista"@en	http://www.fiap.com.br
"Domingos Wangani Patricio"@en	http://www.fiap.com.br
"Federal University of São Carlos"@en	http://www.ufscar.br/
"Universidade Federal de São Carlos"@en	http://www.ufscar.br/
"Universidade Federal de São Paulo"@en	http://www.unifesp.br/
"Federal University of São Paulo"@en	http://www.unifesp.br/
"FAAP"@en	http://www.faap.br/
"Fundação Armanda Alvares Penteadó"@en	http://www.faap.br/
"Fundação Educacional do Município de Assis"@en	http://www.fema.edu.br/
"Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis"@en	http://www.fema.edu.br/

Figura 7. Instrução de consulta (Acima) e Resultado no Virtuoso DBPedia (Abaixo).
Fonte: Próprio Autor 2018.

Nessa consulta são apresentados os nomes das universidades e um link de sua *homepage*, que estão em São Paulo. É realizada uma ordenação por nome e a quantidade de resultados é limitada a 10. A *query* possui, além dos comandos que foram utilizados na consulta anterior, o comando UNION para incluir o resultado de duas consultas diferentes. Assim, tanto os recursos do tipo Universidade quanto o do CollegeOrUniversity serão inclusos no resultado, evitando que recursos que foram declarados com outro tipo semelhante sejam perdidos.

De acordo com as funcionalidades realizadas, percebe-se que o SPARQL é um notável protocolo de recuperação e representação da informação, que satisfaz todas as necessidades atuais de armazenamento e recuperação para a Web Semântica.

4. Considerações Parciais.

O protocolo SPARQL é uma ferramenta fundamental na Web semântica, e este trabalho em desenvolvimento abordou de forma exploratória alguns recursos da recuperação da informação em bancos não relacionais, da Web Semântica, contudo a maximização de seus possíveis recursos está relacionada diretamente ao domínio das inúmeras funcionalidades e infinitas possibilidades do protocolo.

Há uma gama enorme de possibilidades para a aplicação desta tecnologia, como exemplificado por Souza e Alvarenga (2004), entre elas: construção de novas interfaces com o usuário para sistemas de informação, construção automática de tesouros e vocabulários controlados, indexação automática de documentos, gestão do conhecimento organizacional, e gestão da informação estratégica e da inteligência competitiva.

No âmbito educacional o SPARQL pode ter um impacto direto principalmente no que diz respeito à estruturação formal e interligada das informações na Web Semântica, tendo que ser adotado como padrão para potencializar os resultados. Assim, por meio de *queries* de consulta que pode ser adaptada para determinadas necessidade como aperfeiçoamento do material didático das disciplinas, para facilitar a integração de pesquisas na mesma instituição e entre várias instituições, para favorecer o acompanhamento, pela sociedade, do andamento das pesquisas e projetos desenvolvidos pelos grupos de pesquisa e unidades acadêmicas, entre outros inúmeros benefícios.

O protocolo SPARQL tem grandes possibilidades de evolução, juntamente com as estruturas do RDF, mas é principalmente o volume de dados na internet, como espera Tim Berners-Lee, que permitirá uma abrangência e uso intenso do Linked Data e da Web Semântica.

5. Referências Bibliográficas.

BERNERS-LEE, T., LASSILA, Ora; HENDLER, James. The Semantic web. Scientific America, Maio 2001. Disponível em: <https://www-sop.inria.fr/acacia/cours/essi2006/Scientific_American_Feature_Article_The_Semantic_Web_May_2001.pdf>. Acesso em: 18 de Outubro de 2017.

FEITOSA, Ailton. Organização da Informação na Web: das tags à Web Semântica. Brasília, DF: Thesaurus, 2006. 80-131p.

W3C, 2017. W3C Brasil - World Wide Web Consortium Escritório Brasil. Disponível em: <<http://www.w3c.br/Sobre/>>. Acesso em: 31 de Agosto de 2017.

PRIMO, Tiago Thompsen. Método de representação de conhecimento baseado em Ontologias para apoiar Sistemas de Recomendação Educacionais. 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/83654>>. Acesso em: 02 de Setembro de 2017.

FERREIRA, J. A.; SANTOS, P. L. V. A. C. O modelo de dados Resource Description Framework (RDF) e o seu papel na descrição de recursos. Informação & Sociedade: Estudos, João Pessoa, v.23, n.2, p. 13-23, maio/ago. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/10557>>. Acessado em: 10 de Setembro de 2017.

RAMALHO, Rogério Aparecido Sá. Análise do modelo de dados SKOS: sistema de organização do conhecimento simples para a web. Informação & Tecnologia, v. 2, n. 1, p. 66-79, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/itec/article/view/25995>>. Acessado em: 31 de Agosto de 2017.

WORD WIDE WEB CONSORTIUM. Semantic web. 2010. Disponível em: <<https://www.w3.org/standards/semanticweb/>>. Acesso em: 31 de Agosto de 2017.

DBPedia, 2017. DBpedia. Disponível em: <<http://dbpedia.org/>>. Acesso em: 02 de Setembro de 2017.

The Linking Open Data Cloud Diagram, 2018. The Linking Open Data cloud diagram. Disponível em: <<http://lod-cloud.net/>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2018.

FEIGENBAUM, Lee; PRUD'HOMMEAU, E. SPARQL by Example: a Tutorial. Cambridge Semantics, 2011. Disponível em: <<https://www.cambridgesemantics.com/blog/semantic-university/learn-sparql/sparql-by-example/>>. Acesso em: 09 de Novembro de 2017

SOUZA, R. R.; ALVARENGA, L. A Web Semântica e suas contribuições para a ciência da informação. Ci. Inf., Brasília, v. 33, n. 1, p. 132-141, jan/abr. 2004. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1077/1177>>. Acessado em: 15 de Novembro de 2017.

Virtuoso. Virtuoso SPARQL Query Service. Disponível em: <<http://vos.openlinksw.com/owiki/wiki/VOS/VOSSparqlProtocol>>. Acessado em: 12 de Dezembro de 2017.