



XVII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (XVII ENANCIB)

GT 2 – Organização e Representação do Conhecimento

MODELOS DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA ONTOLOGIAS DE DOMÍNIO

INFORMATION VISUALIZATION MODELS FOR DOMAIN ONTOLOGIES

Cristiane Mendes Netto¹, Gercina Angela Borém de Oliveira Lima², Ivo Pierozzi Junior³

Modalidade da apresentação: Comunicação Oral

Resumo: Este trabalho apresenta os fundamentos teóricos, metodológicos e os resultados parciais de uma pesquisa de doutorado em desenvolvimento. O objetivo da pesquisa é analisar modelos de visualização de informação para ontologias de domínio, com vistas à determinação de requisitos para uma ferramenta que torne o acesso ao conteúdo informacional estruturado semanticamente, de forma a favorecer aspectos cognitivos dos usuários. A pesquisa é de natureza aplicada e se caracteriza, quanto aos seus objetivos, como exploratória e descritiva. Quanto ao delineamento da pesquisa, os procedimentos técnicos previstos são: pesquisa bibliográfica, experimental e de estudo de caso. O desenvolvimento do estudo prevê uma análise de contexto de uso, envolvendo entrevistas com usuários, por meio de recursos da Engenharia de Usabilidade, em um estudo de caso, para uma ontologia do domínio agropecuário, criado pela Embrapa Agropecuária Informática. Os resultados apresentados neste artigo referem-se a uma análise de vinte e dois trabalhos publicados na literatura científica para visualização de ontologias no período de 2000 a 2014. Nas próximas etapas do trabalho estão previstas análise de usuários, de tarefas, de ambiente e de ferramentas para visualização de ontologias. Como resultado final, espera-se propor um conjunto de requisitos, centrado nas necessidades dos usuários, para ferramentas de visualização de ontologias de domínio.

Palavras-chave: Visualização da Informação. Ontologias. Organização do Conhecimento.

¹ Doutoranda em Ciência da Informação na UFMG, Professora na Universidade Vale do Rio Doce

² Professora da Escola de Ciência da Informação da UFMG

³ Embrapa Informática Agropecuária

Abstract: *This paper presents the theoretical and methodological foundations and the partial results of a doctoral research in development. The objective of the research is to analyze information visualization models for domain ontologies, aimed at determining requirements for a tool which makes access to semantically structured informational content, in order to favor cognitive aspects of users. The research has an applied nature and is characterized, concerning its objectives, as exploratory and descriptive. On the design of the research, the planned technical procedures are: bibliographic, experimental and case study research. The development of the study foresees an use context analysis, involving interviews with users, through Usability Engineering resources, in a case study for an ontology of the agricultural and livestock domain, created by Embrapa Agricultural Computing. The results shown in this article refer to an analysis of twenty-two papers published in the scientific literature for ontology visualization for the period of 2000 to 2014. In the next stages of the project are planned analysis of users, tasks, environment and tools for ontologies visualization. As a final result it is expected to propose a set of requirements, focused on the needs of the users, for domain ontologies visualization tools.*

Keywords: *Information Visualization. Ontologies. Knowledge Organization.*

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação ampliou a quantidade de informações disponibilizadas de forma digital, trazendo desafios e novas possibilidades para as pesquisas em Ciência da Informação. No campo da organização da informação e do conhecimento, com o uso de teorias e técnicas dessa área e de outras correlatas, tem-se buscado soluções para criar mecanismos que favoreçam o uso e o compartilhamento do conhecimento entre os usuários.

Nesse sentido, as ontologias têm sido estudadas como instrumentos para a modelização do conhecimento de domínios, com possibilidades de benefícios em diversos aspectos. Conforme apresenta Sales (2006), as ontologias podem favorecer a comunicação, especificação de sistemas, processamento de textos em linguagem natural, interoperabilidade entre sistemas, dentre outros. As ontologias, compostas por uma parte terminológica, com termos, definições e relações, e, também, por uma parte processável por máquina, expressa em linguagem formal, possuem a capacidade de prover aos computadores capacidade de inferência e processamento, para organização e recuperação de informação.

No âmbito computacional, a criação de ontologias tem sido beneficiada pelo desenvolvimento de linguagens formais, como a OWL⁴ (*Ontology Web Language*), e de ferramentas sofisticadas como o Protégé⁵, que oferecem os recursos necessários para profissionais especialistas em ontologias. Dada a complexidade de conceitos e relações a serem representadas nos domínios, as ontologias comumente podem conter centenas e até milhares de

⁴ Disponível em <<https://www.w3.org/OWL/>>. Acesso em 20 jun. 2016

⁵ Disponível em <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em 20 jun. 2016.

classes e instâncias.

Esse aspecto pode ser considerado positivo do ponto de vista da inferência computacional, no entanto, a estrutura pode se tornar extremamente complexa e de difícil visualização e compreensão semântica para os usuários. A partir desse pressuposto, acredita-se que uma ferramenta que possibilite visualizar e navegar pela estrutura semântica de uma ontologia, e ainda proporcione níveis de abstrações no acesso à informação, possa favorecer aos usuários maior facilidade de compreensão e recuperação dos diversos conteúdos do domínio representado por uma ontologia.

Trata-se de se considerar toda a riqueza de detalhes, tais como as definições de classes, relações, axiomas e instâncias, especificados de maneira formal para uso de ontologias no contexto computacional, para que sejam também adequadas no favorecimento da inferência humana, através de interfaces gráficas, dotadas de recursos e técnicas de visualização de informação. Acredita-se que uma ferramenta bem projetada possa oferecer aos usuários mais facilidade para analisar as estruturas e conceitos do domínio representado pelas ontologias, bem como extraírem novas informações e conhecimento.

É importante esclarecer que, pela abordagem desse trabalho, não se trata de desconsiderar o uso de ontologias no contexto computacional, como ferramenta de inferência para organização do conhecimento, mas sim de passar a enxergar as ontologias também como um recurso para auxiliar a cognição humana. Os benefícios desse processo podem ser vistos tanto em relação ao aprendizado de uma comunidade, quanto em relação ao próprio processo de construção de ontologias, que pode ser continuamente retroalimentado.

Nessa perspectiva, este trabalho apresenta os fundamentos teóricos, metodológicos e os resultados parciais de uma pesquisa de doutorado em desenvolvimento, que tem como objetivo analisar modelos de visualização de informação para ontologias de domínio, com vistas à determinação de requisitos para uma ferramenta que torne o acesso ao conteúdo informacional estruturado semanticamente, de forma a favorecer aspectos cognitivos dos usuários. O desenvolvimento do estudo prevê uma análise do contexto de uso, envolvendo entrevistas com usuários, por meio de recursos da Engenharia de Usabilidade, com um estudo de caso de uma ontologia do domínio agropecuário, criado pela Embrapa Agropecuária Informática.

Como resultados parciais, apresenta-se uma análise de ferramentas identificadas na literatura para visualização de ontologias, e uma síntese da revisão de literatura contendo vinte e dois trabalhos publicados no período de 2000 a 2014.

A organização do artigo apresenta-se da seguinte forma: a seção 2 descreve brevemente a área de Visualização de Informação. Em seguida, são abordadas, nas respectivas seções, as

ontologias como recurso cognitivo, a metodologia da pesquisa, os resultados parciais e as considerações finais.

2 A ÁREA DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

A Visualização de Informação (VI) é definida por Card *et al.* (1999) como “o uso de representações visuais de dados abstratos suportadas por computador e interativas para ampliar a cognição”⁶. Para Freitas *et al.* (2001), a VI é uma área de aplicação de técnicas da computação gráfica, geralmente interativas, visando auxiliar o processo de análise e compreensão humana de um conjunto de dados, por manipulações das representações gráficas. O processo de visualização de informação está relacionado com a transformação de dados abstratos em gráficos ou imagens, denominados visualizações. Assim, o objetivo, na construção das visualizações, é explorar a capacidade de percepção humana para que, a partir das relações espaciais exibidas, interprete e compreenda as informações apresentadas e, ainda, deduza novos conhecimentos.

Card *et al.* (1999) relatam que a VI pode ser entendida como uma área derivada de pesquisas em diferentes campos de estudos, como cartografia, estatística, inteligência artificial e interface de usuários. Um marco importante para o surgimento da área foi o reconhecimento da área de Visualização Científica, em 1987, pela NSF (*National Science Foundation*). Na Visualização Científica, o propósito é aplicar os recursos computacionais para representar visualmente abstrações de conteúdos físicos, como moléculas, células e órgãos humanos, entre outros. Card *et al.* (1991) relatam que conteúdos informacionais também podem se beneficiar da computação para representação visual. No entanto, pelo fato desses recursos não terem limites espaciais e físicos definidos, eles carecem de técnicas e estudos específicos para serem abstraídos e representados efetivamente de forma visual.

Nesse contexto, pode-se considerar que a VI visa a representação de dados abstratos através de recursos computacionais, em uma forma de exibição que amplie a cognição humana. Na evolução histórica da área, encontrou-se que um dos primeiros registros do termo Visualização de Informação foi em Card *et al.* (1991). Previamente, em Feiner e Beshers(1990), descreve-se sobre o desenvolvimento de tecnologia para manipulação gráfica dos usuários no acesso à informação. Em Shneiderman (1996), o potencial da VI também é destacado, colocando os recursos dessa área como uma nova tendência para a recuperação de informação. Pela literatura, observa-se que o desenvolvimento da área tem seguido

⁶ Tradução própria do inglês: *The use of computer-supported, interactive, visual representations of data to amplify cognition*

mutuamente influenciado, por estudos de múltiplas áreas, com o objetivo comum de transformar dados abstratos em representações visuais que possam auxiliar o entendimento e a descoberta de informações.

Segundo Shneiderman (1996), a apresentação de dados de forma gráfica maximiza o aproveitamento da capacidade de percepção da visão humana, além de permitir que os usuários encontrem mais facilmente padrões, agrupamentos, lacunas ou tendências em dados, ou, ainda, descobrir características escondidas em um grande volume de dados. Segundo o autor, a VI permite a exploração mais conveniente da informação através de uma linguagem visual.

A VI tem sido abordada no âmbito da Ciência da Informação, principalmente no seu potencial de contribuição para Sistemas de Recuperação de Informação (SRI). No trabalho de Correa e Vieira (2013), os autores concluíram que as informações representadas por meio de recursos visuais são de grande importância na comunicação dos SRI, e podem auxiliar o usuário a entender a estrutura e a organização desses sistemas, ao possibilitar a interação com as informações e a descoberta de novos conhecimentos. Nos trabalhos de Vieira e Pinho (2014) e Azevedo e Marcondes (2015) também são apresentados estudos exploratórios sobre os fundamentos da VI, destacando-se o benefício para SRI e a necessidade de estudos envolvendo os fundamentos teóricos das duas áreas.

Quanto à cognição, no campo da VI, pode-se considerar que os estudos do assunto representam tanto a fundamentação quanto a motivação para contribuição dessa área. Experimentos relatados em Card *et al.* (1983) descrevem o estudo da cognição dos usuários no reconhecimento de estruturas gráficas, demonstrando que características como cor, dimensionalidade, perspectiva, luminosidade e tamanho auxiliam o processo de cognição e podem ser explorados na construção de soluções interfaces efetivas. Na busca por técnicas de visualização, com suas estruturas gráficas e de interação para visualizar a informação, o objetivo está centrado no esforço e nas capacidades cognitivas dos usuários.

Card *et al.* (1999) apresentam seis argumentos para enfatizar o auxílio da Visualização de Informação à cognição humana, sendo eles:

- a) expansão dos recursos de memória e processamento pela representação visual em um formato de símbolos mais simplificados;
- b) redução do tempo de busca de informação ao representar visualmente, de forma compactada, as relações entre os conteúdos;
- c) reconhecimento de padrões de organização dos conteúdos pela percepção visual;

- d) inferência perceptiva pela compreensão visual da representação;
- e) monitoramento de uma grande quantidade de eventos potenciais;
- f) manipulação dos conteúdos apresentando detalhes e organizações sob demanda.

No contexto do trabalho em desenvolvimento, observou-se que os fundamentos da visualização de informação convergem para o propósito da pesquisa, quanto ao interesse pela possibilidade de apresentar aos usuários uma ferramenta que permita ressaltar as estruturas intrínsecas do conhecimento representado pelas ontologias, visando favorecer o processo de cognição.

3 ONTOLOGIAS COMO RECURSO COGNITIVO

A cognição é apresentada por Matlin (2004) como a capacidade para armazenar, transformar e aplicar o conhecimento, sendo um amplo leque de processos mentais. Esse conceito está relacionado tanto ao conjunto de processos pelos quais os dados sensoriais são transformados e utilizados, quanto à natureza e à organização do conhecimento. Nesse sentido, a mente é concebida como um sistema de tratamento de informação através do qual os indivíduos interagem com o mundo, construindo representações internas para modificar ou manipular suas ações.

São muitos os recursos que podem ser utilizados para favorecer o processo cognitivo humano. Nesse trabalho, aborda-se o uso de modelos cognitivos para visualização de ontologias. Na perspectiva do uso das tecnologias para apoiar a organização do conhecimento de domínios específicos, as ontologias de domínio têm-se apresentado como uma alternativa pela sua capacidade de explicitar, de maneira formal, conceitos e relações compartilhadas dentro de uma determinada área de assunto. Como resultado, espera-se que o produto da organização torne as informações do domínio prontamente disponíveis para uso e reuso pelos usuários de uma comunidade, facilitando a padronização dos termos, a comunicação e a apropriação do conhecimento.

Sobre essa abordagem cognitiva pela Ciência da Informação, Lima (2003) apresenta essa área como um campo de estudos interdisciplinares e faz uma análise da sua interseção com a Ciência da Informação. Segundo a autora, ao estudar sobre como o conhecimento pode ser representado e manipulado, a ciência cognitiva tem uma contribuição excepcional no processo de representação e recuperação da informação. Essa relação intensa com a cognição também é destacada por Alvarenga (2003), especialmente no que tange a representação do conhecimento, na perspectiva da Ciência da Informação, no contexto das tecnologias digitais.

Corroborando com essa perspectiva de relação profícua entre a Ciência da Informação e os estudos relativos à cognição humana, Neves (2006) descreve que, com o surgimento dos computadores e da modelagem computacional, houve um incremento no interesse sobre os aspectos de funcionamento da mente e sobre como as pessoas pensam, interpretam e processam a informação. Em suas conclusões, as práticas da Ciência da Informação vêm ao encontro de estudos que envolvem a cognição. Assim, a inserção dos conceitos dessa área favorece o desenvolvimento de sistemas de recuperação da informação e organização do conhecimento mais adequados para os usuários.

No contexto de um grupo de pessoas trabalhando em conjunto dentro de um mesmo domínio, a organização de conceitos e informação em sistemas de organização do conhecimento é essencial para o desenvolvimento de um trabalho eficaz. Sobre a conceitualização proporcionada pelas ontologias, Campos (2010) apresenta que essa pode ser entendida como uma abstração, uma visão simplificada do mundo, que se representa com o propósito de auxiliar na compreensão, compartilhamento ou consenso sobre uma área de conhecimento.

Considerando isso, acredita-se que as técnicas de visualização de informação possam ser utilizadas na proposta de uma ferramenta para auxiliar os na compreensão do domínio representado pelas ontologias. No entanto, conforme apresenta Kriglstein e Wallner (2011), existe uma complexidade na escolha da técnica mais adequada para representar uma ontologia, visto que não existe uma técnica que seja apropriada para todos os tipos de ontologias, bem como para os diferentes tipos de usuários e necessidades informacionais.

Dentro dessa abordagem de uso das ontologias como um recurso cognitivo, é que se propõe, nesse trabalho, investigar os usuários, contextos, tarefas e ferramentas existentes de visualização de informação para ontologias, para propor um conjunto de requisitos para uma ferramenta que atenda aos usuários de um domínio.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa em desenvolvimento se caracteriza, quanto aos seus objetivos, como exploratória e descritiva. Quanto ao delineamento da pesquisa, no que se refere ao planejamento em sua dimensão mais ampla, os procedimentos técnicos previstos são: pesquisa bibliográfica, experimental e de estudo de caso. A natureza da pesquisa é de caráter aplicado, tipo que, segundo Marconi e Lakatos (2003), caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade.

O universo de pesquisa selecionado para o estudo de caso do trabalho é o da Ontologia *OntoAgroHidro*. A justificativa para essa escolha se deve ao interesse da proponente na investigação do problema em um contexto real, e pela disponibilidade da ontologia para realização do trabalho, mediante o convênio firmado entre a Embrapa Informática Agropecuária e o grupo MHTX, do qual fazem parte a proponente e sua orientadora. A *OntoAgroHidro* é uma ontologia de domínio criada por pesquisadores especialistas da Embrapa, a partir do interesse na área de recursos hídricos, mudanças climáticas e de uso da terra. O processo de construção da *OntoAgroHidro* é relatado por Bonacin *et al.* (2013). Nesse processo, são apresentadas as estratégias de reuso e integração de outras representações existentes para refinar os conceitos da ontologia, resultando na ontologia descrita em OWL 2.0, usando a versão 4 da ferramenta Protégé, com cerca de 8500 conceitos (incluindo classes e instâncias) do domínio.

Quanto aos procedimentos metodológicos empregados, tem-se a pesquisa bibliográfica, revisão sistematizada de literatura e análise de contexto de uso. A pesquisa bibliográfica tem sido realizada em todo o desenvolvimento do projeto, para fundamentação teórica e metodológica, por meio de buscas via internet e em bibliotecas. A revisão sistematizada da literatura foi proposta para compreensão do estado arte, no que se refere à visualização de informação para ontologias, pesquisando-se os trabalhos publicados no período de 2000 a 2015 nos principais periódicos da área. A análise de contexto de uso, baseada no método Praxis-u, apresentado por Pádua (2012a), será realizada visando gerar informações de funções e requisitos para uma interface de visualização de informação para a *OntoAgroHidro*. A escolha por esse método justifica-se pela documentação de apoio já existente para a sua utilização, disponível online em Pádua (2012b).

Propõe-se, para essa etapa, a realização de análise de usuários, de tarefas, de ambiente e de produtos concorrentes. A análise de usuários visa uma caracterização dos diversos perfis de usuários, com relação a aspectos que interessam para o desenvolvimento da visualização de informação. A análise de tarefas tem como objetivo a caracterização das tarefas realizadas pelos usuários potenciais em suas atividades de navegação e busca em ontologias, visando identificar os requisitos necessários. A análise de ambiente visa uma caracterização do ambiente onde os usuários realizam suas atividades relacionadas com o produto em consideração. A análise de produtos concorrentes, chamada de análise competitiva por Nielsen (1994), consiste em realizar testes envolvendo produtos com funcionalidades semelhantes ou complementares ao que se planeja desenvolver, com o objetivo de identificar funções relevantes ou que podem ser aperfeiçoadas.

Para obtenção de informação necessária às análises, serão empregadas técnicas qualitativas que levem em conta o ponto de vista dos participantes dos testes a serem realizados com potenciais usuários. Na aplicação dos testes, serão selecionados participantes com perfil de potenciais usuários, e escolheu-se adotar: i) Entrevistas semiestruturadas realizadas individualmente de forma presencial ou online. ii) Observação de realização de tarefas aplicando a técnica “*think aloud protocol*”⁷, utilizando ferramentas de visualização de informação do software Protégé. iii) Análise de gravação do áudio e da tela digital do usuário durante testes.

Para escolha dos participantes dos testes, pretende-se trabalhar com três perfis: a) usuários especialistas em ontologias da Embrapa Informática Agropecuária em Campinas-SP; b) usuários especialistas no domínio agropecuário; c) usuários especialistas em Ciência da Informação. Para cada grupo, pretende-se aplicar as técnicas de entrevista e observação em três a cinco usuários. De acordo com Prates e Barbosa (2003), quando se tem mais de um perfil de usuário para um sistema, então, deve-se envolver pelo menos três usuários de cada perfil avaliado.

5 RESULTADOS PARCIAIS

A partir da revisão da literatura, observou-se que os trabalhos de visualização de informação para ontologias podem ser divididos em três categorias: a) apresentação de ferramenta; b) avaliação comparativa de ferramentas e c) estudo de requisitos de usuários. A Figura 1 apresenta os vinte e dois trabalhos analisados nessa revisão em uma linha do tempo entre o ano de 2001 até 2014, destacados conforme essa classificação.

Os trabalhos que apresentam ferramentas de visualização de informação para ontologias se caracterizam pela descrição do processo de desenvolvimento de protótipos de ferramentas, contendo testes de usabilidade com usuários, em alguns casos. Dentre os trabalhos dessa natureza, tem-se: Storey (2001), Alani (2003), Sintek (2003), Perrin (2004), Bosca *et al.* (2005), Catenazi *et al* (2009), Boinski *et al* (2010), De Maio *et al* (2010), De Motta *et al* (2010), Kriglstein e Wallmer (2011), Oliveira (2012), Cvjetkovic *et al* (2012), Lohmann (2014).

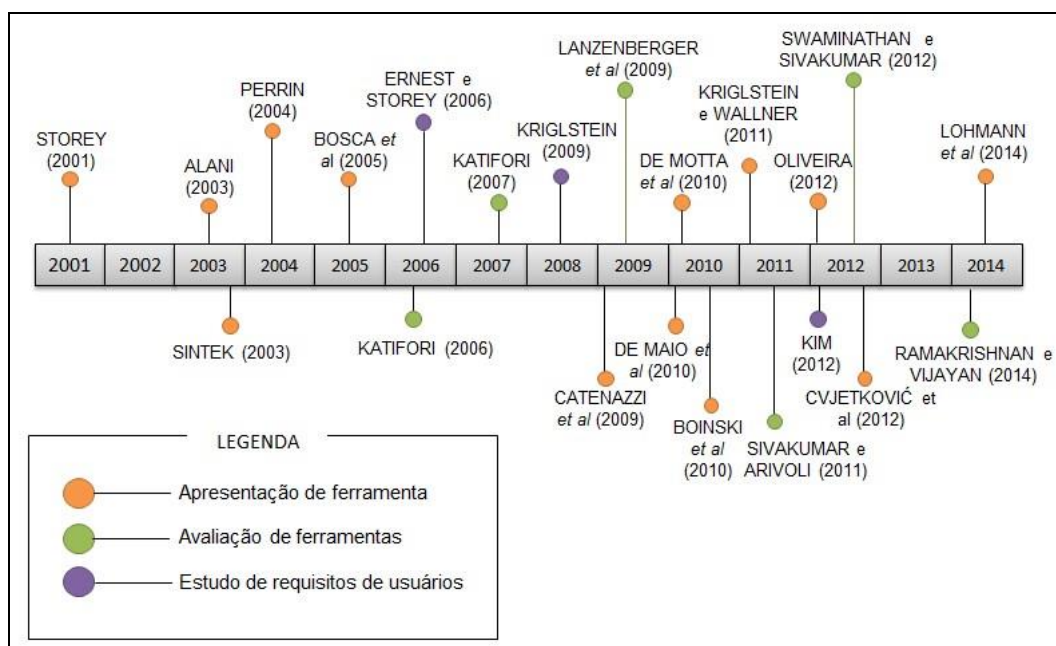
Quanto à proposta de avaliação de ferramentas desenvolvidas de visualização de informação para ontologias, os estudos apresentam comparações e análises de características

⁷ Técnica onde os usuários são requisitados a expressarem seus pensamentos e ações durante a execução de tarefas.

dessas ferramentas. Dentre esses trabalhos, encontrou-se: Katifori (2006), Lanzenberger *et al* (2009), Sivakumar e Arivoli (2011), Swaminathan e Sivakumar (2012).

Observou-se que os estudos de requisitos dos usuários são relatados com menor frequência na literatura. A avaliação dos usuários e das suas necessidades com frequência não apareceu relatada nos trabalhos de desenvolvimento das ferramentas. De forma específica, o estudo de usuários foi encontrado nos trabalhos de Ernest e Storey (2006), Kriglstein (2009) e Kim (2012).

FIGURA 1 - Distribuição dos artigos revisados



Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 1 apresenta uma síntese das ferramentas citadas nos artigos analisados. Apesar das inúmeras propostas de ferramentas, verificou-se que grande parte das soluções apresentadas não se encontra disponível para uso atualmente, percebendo-se uma descontinuidade do desenvolvimento das soluções.

QUADRO 1 – Ferramentas de Visualização de Informação para Ontologias

N	Identificação da ferramenta	Trabalho	Situação
1.	Jambalaya	STOREY (2001)	Sem atualizações para uso
2.	TGVizTab	ALANI (2003)	Sem atualizações para uso
3.	OntoViz	SINTEK (2003)	Sem atualizações para uso
4.	Prompt_Viz	PERRIN (2004)	Sem atualizações para uso
5.	OntoSphere	BOSCA <i>et al</i> (2005)	Sem atualizações para uso
6.	OWLeasyViz	CATENAZZI <i>et al</i> (2009)	Indisponível para uso
7.	Ontology Creation System (OCS)	BOINSKI <i>et al</i> (2010)	Indisponível para uso
8.	Tree based interface	DE MAIO <i>et al</i> (2010)	Indisponível para uso
9.	KC-Viz	DE MOTTA <i>et al</i> (2010)	Disponível para Neon Toolkit

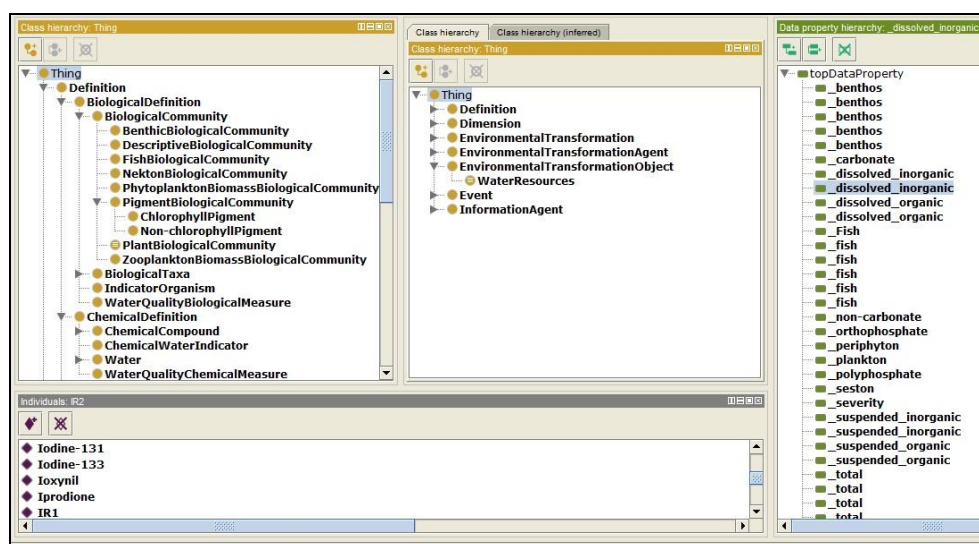
10.	Knoocks	KRIGLSTEIN E WALLNER (2011)	Indisponível para uso
11.	Grafical Web Interface	CVJETKOVIĆ <i>et al</i> (2012)	Indisponível para uso
12.	Ontology Search and Visualization Browser	OLIVEIRA (2012)	Indisponível para uso
13.	VOWL2	LOHMANN <i>et al</i> (2014)	Disponível em: < http://vowl.visualdataweb.org/ >

Fonte: Elaborado pela autora.

Sobre a Visualização de Informação empregada nas ferramentas para ontologias, no trabalho de Katifori *et al* (2007) são apresentados seis métodos, denominados de: a) lista identada; b) árvore de links e nós; c) zoom; d) preenchimento de espaço; e) foco e contexto; f) paisagens 3D. As ações que podem ser realizadas sobre essas visualizações geralmente são sete tipos, conforme descreve Shneiderman (1996): a) visão geral; b) filtro; c) *zoom*; d) detalhes sob demanda; e) relação; f) histórico e g) extrações.

A tarefa de visão geral oferece ao usuário controles para visualizar a estrutura geral da informação, bem como detalhes de áreas selecionadas para análise. Dessa forma, uma determinada região da imagem de interesse é destacada em detrimento de outras. Essa tarefa pode ser feita na interface da ferramenta Protégé, conforme apresenta a Figura 2. Essa interface, do tipo lista identada, permite que os usuários cliquem sobre os itens de uma ontologia e tenham uma visão geral de todos os detalhes, conforme necessidade.

FIGURA 2 - Visualização em interface de lista identada



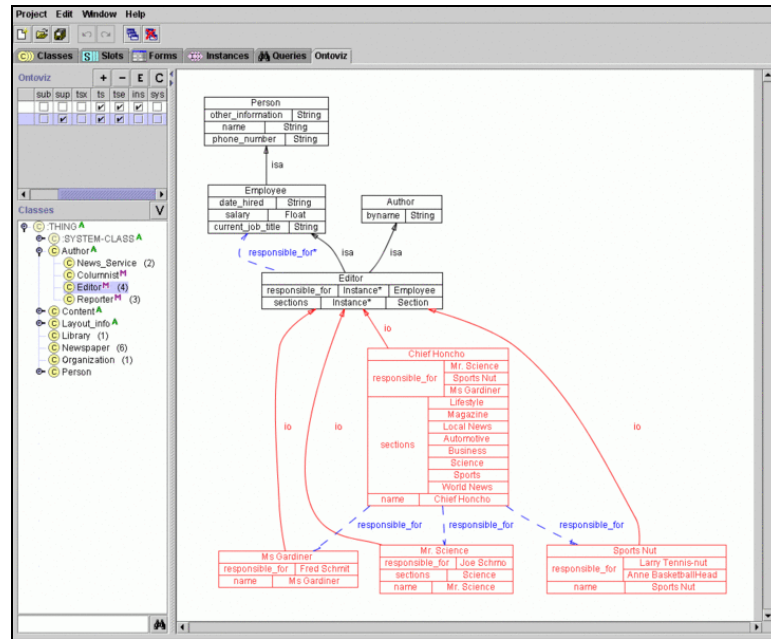
Fonte: Elaborado pela autora com o uso da ferramenta Protégé.

Na tarefa de filtro, são oferecidos, ao usuário, controles para visualização da informação conforme o seu interesse. Visualizações são construídas dinamicamente para permitir que o usuário controle a informação que deseja visualizar, retirando do conjunto os

itens não desejados. Um exemplo de interface do tipo árvore de links e nós que apresenta essa interação é a da ferramenta OntoViz, conforme mostra a Figura 3.

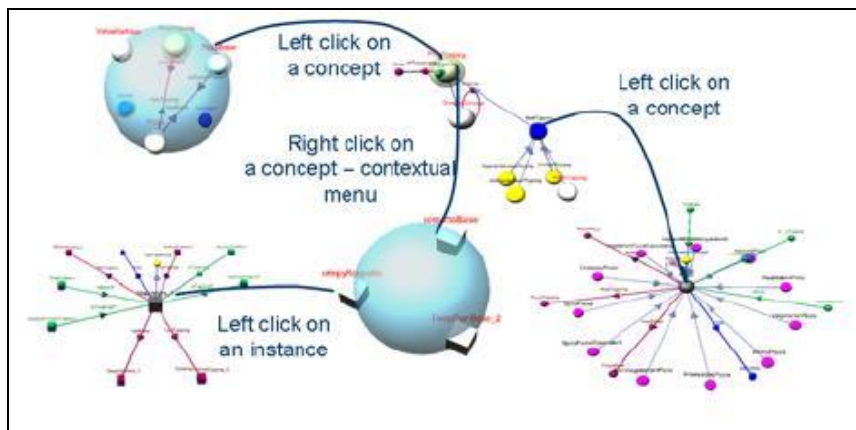
A visualização de árvore de links e nós também pode ser explorada com recurso de três dimensões (3D). A Figura 4 apresenta a interface da ferramenta OntoSphere 3D.

FIGURA 3 - Visualização em interface de árvore de links e nós



Fonte: SINTEK (2007).

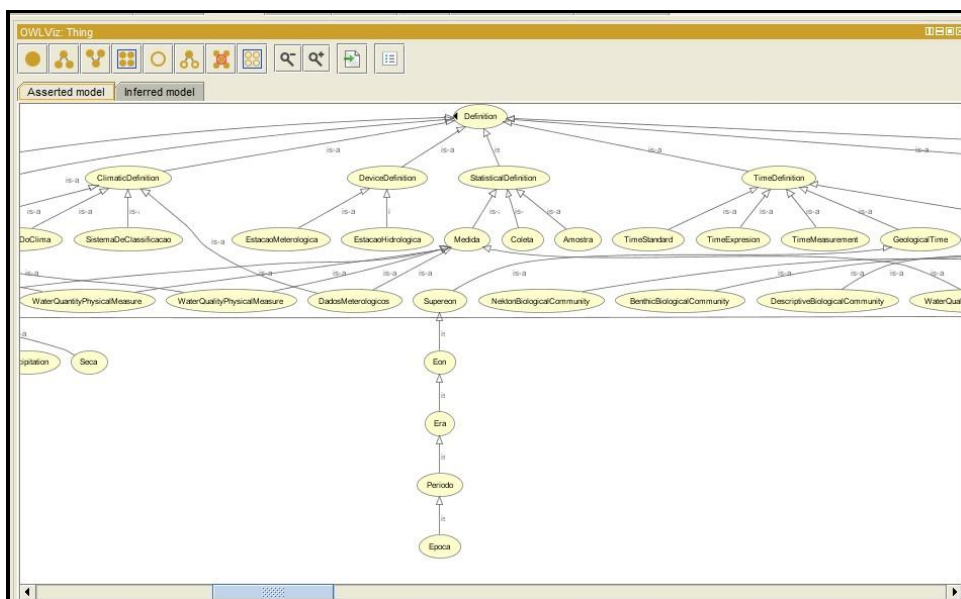
FIGURA 4 - Visualização em interface de árvore de links e nós em 3D



Fonte: BOSCA *et al* (2005).

Na interação por *zoom*, o controle sobre o nível de informação a ser explorado é ajustado pelo usuário. Uma aplicação dessa interação pode ser vista em interface de paisagens 3D, como relatado em Siqueira (2015). Nesse tipo de interface, um relevo é desenhado em três dimensões e as relações e propriedades podem ser exploradas pelo usuário para acessar informação.

FIGURA 6 - Visualização de relações em interface de árvore de links e nós

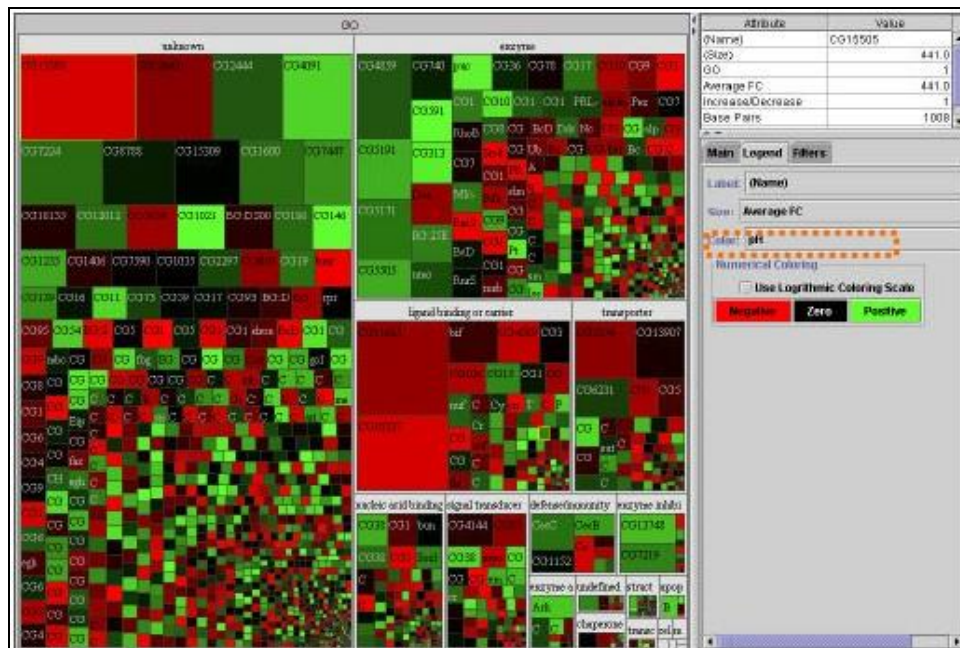


Fonte: Elaborado pela autora com uso da ferramenta Protégé.

Outra tarefa para visualização de informação é a de histórico. Nessa tarefa, o usuário deve ter opções para manter um histórico das ações realizadas para que possa retornar a um estágio anterior ao atual. Essa tarefa pode ser tratada com visualização por ferramentas que permitem visualizar diferentes versões de uma ontologia, baseado em seus históricos de atualização. Um tipo de visualização que pode favorecer essa tarefa é a que utiliza de preenchimento de espaço. Um exemplo de visualização desse tipo é a chamada Treemap, conforme apresentado na Figura 8.

A tarefa de extração refere-se à capacidade do usuário de formular consultas para recuperar subconjuntos da coleção, conforme os parâmetros especificados. Essa tarefa geralmente é suportada por interfaces de consultas em SPARQL, uma linguagem para manipulação de dados em RDF.

FIGURA 8 - Visualização em interface de preenchimento de espaço



Fonte: BABARIA (2001).

A diversidade de elementos que compõem as ontologias faz com que as ferramentas e métodos de visualização priorizem a representação de alguns em detrimento de outros. Dentre os elementos que podem ser representados tem-se: a) Classes e instâncias; b) Taxonomia; c) Múltiplas heranças; d) Propriedades e e) Axiomas. A seguir apresenta-se, no Quadro 2, um comparativo de como os seis métodos de visualização de ontologias representam, em linhas gerais, esses elementos.

Mediante os diferentes métodos, tarefas e ferramentas para visualização de informação para ontologias, tem-se que o desenvolvimento ou a escolha de uma solução é complexa e um desafio, tanto para usuários finais, quanto para especialistas.

QUADRO 2 – Comparativo de representação dos modelos de visualização de ontologias

	Elementos das ontologias a serem representados				
	Classes e Instâncias	Taxonomia	Múltiplas heranças	Propriedades	Axiomas
Lista Identada	Mostradas em listas e interfaces separadas.	Classes representadas de forma identada	Replicação de elementos.	Apresentadas em interfaces separadas.	Apresentados em interfaces separadas.
Árvore de	Representados por nós em	Representada por	Representados por ligações	Apresentadas em janelas	Rótulos com links para

links e nós	formas geométricas.	proximidade e ligações.	em grafo	separadas	acesso.
Zoom	Representados em conjuntos.	Tamanhos menores e em conjuntos.	Replicação de elementos.	Apresentadas em interfaces separadas.	Apresentadas em interfaces separadas.
Preenchimento de espaço	Representados por cores e tamanhos distintos.	Diferenciadas por tamanhos e cores.	Geralmente não representados.	Apresentadas em interfaces separadas.	Apresentadas em interfaces separadas.
Foco e contexto	Representados por Rótulos, conforme foco.	Distância e ligações entre as classes e instâncias.	Replicação de elementos.	Apresentadas em interfaces separadas.	Apresentadas em interfaces separadas.
Paisagem 3D	Distribuídos graficamente em relevos.	Linhas que conectam as classes.	Replicação de elementos.	Apresentadas em interfaces separadas.	Apresentadas em interfaces separadas.

Fonte: Elaborado pela autora

Nesse contexto, conhecer as principais características do domínio, dos usuários e das possibilidades existentes torna-se essencial para a adoção ou desenvolvimento de uma solução para visualização de ontologias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados parciais de uma pesquisa de doutorado em desenvolvimento. Espera-se que esse estudo possa contribuir com soluções que favoreçam o uso das ontologias como recurso de auxílio à cognição humana, e não apenas para inferência computacional.

É importante destacar que não se trata de trabalhar no desenvolvimento de ontologias para cognição humana, mas enxergar que, a partir do esforço de criação de uma estrutura extremamente rica conceitualmente, cabe o seu aproveitamento como ferramenta para auxiliar o acesso e a aprendizagem dos diversos conteúdos do domínio. Nesse sentido, este trabalho busca compreender como os fundamentos e recursos da área de Visualização de Informação podem oferecer aos usuários mais facilidade para analisar as estruturas e dependências dos conceitos representados pelas ontologias, bem como extraírem novas informações e conhecimento.

Uma análise de contexto de uso, focada na Engenharia de Usabilidade, será realizada

nas próximas etapas do trabalho. A partir do levantamento realizado de ferramentas para visualização para ontologias, três ferramentas serão selecionadas baseadas na possibilidade de uso com a OntoAgroHidro. Através de um estudo com análise de usuários, de tarefas, de ambiente e de ferramentas existentes para visualização de ontologias, espera-se propor um conjunto de requisitos, centrado nas necessidades dos usuários, para ferramentas de visualização de ontologias de domínio.

REFERÊNCIAS

ALANI, Harith. TGVizTab: An ontology visualisation extension for Protégé. In: WORKSHOP KNOWLEDGE CAPTURE (K-CAP'03), WORKSHOP ON VISUALIZATION INFORMATION IN KNOWLEDGE ENGINEERING, 2003, Sanibel Island, FL. [Anais eletrônicos...]. Sanibel Island, FL: [s.n], 2003. Disponível em: <<http://oro.open.ac.uk/20054/1/Alani-VIKE-camera-ready.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

ALVARENGA, Lídia. Representação do conhecimento na perspectiva da ciência da informação em tempo e espaço digitais. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 18-40, 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2003v8n15p18/5233>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

AZEVEDO, Mauricio Maia Vinhas de; MARCONDES, Carlos Henrique. Aportes da visualização da informação para sistemas de recuperação da informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO. 16., 2015, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: Universidade Federal da Paraíba, 2015. Disponível em: <<http://www.ufpb.br/evento/liti/ocs/index.php/enancib2015/enancib2015/paper/viewFile/2685/1167>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

BABARIA, K. Using Treemaps to Visualize Gene Ontologies. **Human Computer Interaction Lab and Institute for Systems Research**, University of Maryland, College Park, MD USA, 2001. Disponível em: <<https://www.cs.umd.edu/hcil/treemap/GeneOntologyTreemap.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2016.

BOINSKI, Tomasz. *et al.* Ontology visualization. In: PROCEEDINGS OF THE 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY, 2., 2010, Gdańsk. **Proceedings...** Gdańsk: IEEE, 2010. p. 17-20. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5553405&isnumber=5553328>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

BONACIN, R.; NABUCO, O. F.; PIEROZZI JUNIOR, I. Conceptualizing the impacts of agriculture on water resources: experiences and ontology engineering challenges. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT OF EMERGENT DIGITAL ECOSYSTEMS, 5., 2013, Luxembourg. **Proceedings...** New York: ACM, 2013. p. 262-269. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2015.04.010>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

BOSCA, A., BOMINO, D., PELLEGRINO, P. OntoSphere: more than a 3D ontology visualization tool. In: PROCEEDINGS OF SWAP, THE 2ND ITALIAN SEMANTIC WEB WORKSHOP, 2., 2005, Trento. **Proceedings...** Trento: CEUR, 2005. Disponível em: <<http://ceur-ws.org/Vol-166/8.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

CAMPOS, M. L. A. O papel das definições na pesquisa em ontologia. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p.220-238, jan./abr. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pci/v15n1/13.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

CARD, Stuart K.; MACKINLAY, Jock D.; SHNEIDERMAN, Ben. **Readings in information visualization: using vision to think**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1999. 686 p.

CARD, Stuart K.; ROBERTSON, George G.; MACKINLAY, Jock D. The information visualizer, an information workspace. In: PROCEEDINGS OF THE SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1991, New Orleans. **Proceedings...** New York: ACM Press, 1991. p. 181-186.

CARD, Stuart K; MORAN, Thomas P; NEWELL, Allen. **The psychology of human-computer interaction**. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 1983. 469 p.

CATENAZZI, Nadia; SOMMARUGA, Lorenzo; MAZZA, Riccardo. User-friendly ontology editing and visualization tools: the OWLeasyViz approach. In: PROCEEDINGS OF THE 13TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION VISUALISATION, 13., Barcellona. **Proceedings...** Barcellona: IEEE, 2009. p. 283-288. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5190858&isnumber=5190765>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

CORREA, R. F.; VIEIRA, J. M. de L. Representações visuais para recuperação de informação na BDTD-UFPE. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.18, n.4, p.18-34, out./dez. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pci/v18n4/03.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

CVJETKOVIĆ, Vladimir; ĐOKIĆ, Marija; ARSIĆ, Branko. Ontology Visualization: Graphical web user interface for ontologies. In: PROCEEDINGS IN ARSA - ADVANCED RESEARCH IN SCIENTIFIC AREAS, 2012, Serbia. **Proceedings...** Serbia: EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina, 2012. p.1999-2004. Disponível em: <<http://arsa-conf.com/archive/?vid=1&aid=3&kid=60101-198&q=f1>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

DE MAIO, Carmen de. *et al.*. Knowledge structuring to support facet-based ontology visualization. **International Journal of Intelligent Systems**, Fisciano, v. 25, n. 12, p. 1249-1264, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/int.20451/full>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

DE MOTTA, Enrico. *et al.* A novel approach to visualizing and navigating ontologies. In: _____. **The Semantic Web–ISWC 2011**. Berlin: Springer, 2011. p. 470-486.

ERNST, Neil; STOREY, Margaret-Anne. A preliminary analysis of visualization requirements in knowledge engineering tools. 2006. Disponível em: <<https://fink08.files.wordpress.com/2009/12/ernst-survey.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

FEINER, Steven K.; BESHERS, Clifford. Worlds within worlds: Metaphors for exploring n-dimensional virtual worlds. In: PROCEEDINGS OF THE 3RD ANNUAL ACM SIGGRAPH SYMPOSIUM ON USER INTERFACE SOFTWARE AND TECHNOLOGY. 3., 1990, Snowbird, UT. **Proceedings...** Snowbird, UT: ACM, 1990. p. 76-83. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.34.9201&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 08 dez. 2015.

FREITAS, C. M. D. S.; CHUBACHI, O. M.; LUZZARDI, P. R. G.; CAVA R. A.. Introdução à Visualização de Informações. **RITA – Revista de Informática Teórica e Aplicada**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 143-158, out. 2001. Disponível em: http://www.inf.ufrgs.br/~revista/docs/rita08/rita_v8_n2_p143a158.pdf. Acesso em 08 dez. de 2007

KATIFORI, Akrivi. *et al.* A comparative study of four ontology visualization techniques in protege: Experiment setup and preliminary results. In: INFORMATION VISUALIZATION, 2006. IV 2006. TENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 4., 2006, London. **Proceedings...** London: IEEE, 2006. p. 417-423. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1648294&isnumber=34559>. Acesso em: 08 dez. 2015.

KATIFORI, Akrivi. *et al.* Ontology visualization methods: a survey. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v. 39, n. 4, p. 10-43, mar. 2007. Disponível em: <http://disi.unitn.it/~p2p/RelatedWork/Matching/a10-katifori.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2015.

KIM, Jong-Ae. Understanding knowledge representation in the knowledge management environment: evaluation of ontology visualization methods. **Knowledge Organization**, v. 39, n. 3, p. 193-203, july. 2012.

KRIGLSTEIN, Simone. User requirements analysis on ontology visualization. In: COMPLEX, INTELLIGENT AND SOFTWARE INTENSIVE SYSTEMS, 2009. CISIS'09. INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2009, Fukuoka. **Proceedings...** Fukuoka: IEEE, 2009. p. 694-699.

KRIGLSTEIN, Simone; WALLNER, Günter. Development process and evaluation of the ontology visualization tool knoocks: a case study. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON COMPUTER VISION, IMAGING AND COMPUTER GRAPHICS THEORY AND APPLICATIONS (VISIGRAPP/IVAPP), 2011, Faro. **Proceedings...** Faro: SciTePress, 2011. p. 187-197.

LANZENBERGER, Monika; SAMPSON, Jennifer; RESTER, Markus. Visualization in ontology tools. In: COMPLEX, INTELLIGENT AND SOFTWARE INTENSIVE SYSTEMS, 2009. CISIS'09. INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2009, Fukuoka. **Proceedings...** Fukuoka: IEEE, 2009. p. 705-711.

LIMA, Gercina Ângela Borém. Interfaces entre a ciência da informação e a ciência cognitiva. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 77-87, jan./abr. 2003. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/index.php/ciinf/article/view/133/113>. Acesso em: 08 dez. 2015.

LOHMANN, Steffen. *et al.* VOWL 2: user-oriented visualization of ontologies. In: 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND KNOWLEDGE MANAGEMENT. 19., 2014, Linköping, **Proceedings...** Linköping: Springer

International Publishing, 2014. p. 266-281. Disponível em: <<http://semantic-web-journal.net/system/files/swj750.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

MATLIN, Margaret W. **Psicologia cognitiva**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2004. 403 p.

NEVES, Dulce Amélia de Brito. Ciência da informação e cognição humana: uma abordagem do processamento da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 39-44, jan./abr. 2006. Disponível em: <<http://www.brapci.ufpr.br/documento.php?dd0=0000003914&dd1=b5f4a>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

NIELSEN, Jakob. Heuristic evaluation. In: **Usability inspection methods**. John Wiley & Sons, Inc., 1994. p. 25-62.

OLIVEIRA, J. A. **Método de avaliação de ontologias através de alinhamento semiautomático baseado em visualização de informação**. 2012. [paginação irregular]. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/ECID-92APBL>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

PÁDUA, Clarindo Isaías Pereira da Silva e. **Engenharia de Usabilidade**. Disciplina: Engenharia de usabilidade. Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais. 2012a. Disponível em: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~clarindo/arquivos/disciplinas/eu/material/referencias/apostila-usabilidade.pdf>> Acesso em: 07 abr. 2016.

PÁDUA, Clarindo Isaías Pereira da Silva e. **Engenharia de Usabilidade**. Material suplementar. 2012b. Disponível em: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~clarindo/disciplinas/eu/material/index.htm>> Acesso em: 07 abr. 2016.

PERRIN, David Stephen John. Prompt-viz: **Ontology version comparison visualizations with treemaps**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - University of Victoria, Victoria, 2004. Disponível em: <[PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. Avaliação de interfaces de usuário: conceitos e métodos. In: XXIII CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 23., 2003, Campinas, SP. \[Anais\] XXII Jornada de Atualização em Informática. Campinas, SP: SBC, 2003. Disponível em: <\[http://www2.serg.inf.puc-rio.br/docs/JAI2003_PratesBarbosa_avaliacao.pdf\]\(http://www2.serg.inf.puc-rio.br/docs/JAI2003_PratesBarbosa_avaliacao.pdf\)>. Acesso em](https://dspace.library.uvic.ca/bitstream/handle/1828/528/perrin_2004.pdf?sequence=)

SALES, L. F. **Ontologias de domínio: um estudo das relações conceituais e sua aplicação**. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/1238566-2172-2-6-20e1-2-estudo-das-relacoes-conceituais-e-sua-aplicacao.html>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

SHNEIDERMAN, Ben. The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations. In: SYMPOSIUM ON VISUAL LANGUAGES. 1996, Boulder, CO, **Proceedings...** Boulder, CO: IEEE, 1996. p. 336-343. Disponível em: <http://www.interactiondesign.us/courses/2011_AD690/PDFs/Shneiderman_1996.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2015.

SINTEK, Michael. **OntoViz**. [S.l]: Protégé Wiki, 2003. Disponível em: <<http://protegewiki.stanford.edu/wiki/OntoViz>>. Acesso em: 27 fev. 2016.

SIQUEIRA, P. H.; TELLES, G. P.; MINGHIM, R. Revisiting landscape views in information visualization. In: FESTSCHRIFT FOR ALEJANDRO C. FRERY ON THE OCCASION OF HIS 55TH BIRTHDAY, 55., 2015, London. **Proceedings...** London: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://vis.icmc.usp.br/vicg/paper/637/revisiting-landscape-views-in-information-visualization>>. Acesso em: 08 dez. 2015

SIVAKUMAR, R.; ARIVOLI, P. Ontology visualization protégé tools: a review. **International Journal of Advanced Information Technology**, v. 1, n. 4, Aug. 2011.

STOREY, Margaret-Anne. *et al.* Jambalaya: Interactive visualization to enhance ontology authoring and knowledge acquisition in Protégé. In: WORKSHOP ON INTERACTIVE TOOLS FOR KNOWLEDGE CAPTURE, Victoria, 2001, **Anais...**, Victoria: University of Southern California, 2001. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.22.8402&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

SWAMINATHAN, V.; SIVAKUMAR, R. A comparative study of recent ontology visualization tools with a case of diabetes data. **International Journal of Research in Computer Science**, v. 2, n. 3, p. 31, 2012.

VIEIRA, Jéssica Monique; PINHO, Fábio Assis. **Estudo da relação entre organização e visualização da informação a partir de sistemas de recuperação de informação**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO. 15., 2014, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte, MG: [s.n.], 2014. Disponível em: < <http://enancib2014.eci.ufmg.br/documentos/anais/anais-gt2> >. Acesso em: 08 fev. 2016.