
Aplicación de la Teoría de Análisis Facetado y Mapas Conceptuales para navegación en una ontología de dominio: estudios preliminares

An application of Theory Faceted Analysis and Concept Maps for faceted search in a domain ontology: preliminary studies

Cristiane Mendes Netto (1), Gercina Ângela Borém de Oliveira Lima (2), Ivo Pierozzi Junior (3)

(1) Universidade Vale do Rio Doce, cristiane@univale.br
(2) Universidade Federal de Minas Gerais, glima@eci.ufmg.br
(3) Embrapa Informática Agropecuária, ivo.pierozzi@embrapa.br

Resumen

Este trabajo presenta los resultados parciales de un proyecto de investigación aún en desarrollo, que tiene como objetivo la Teoría de Análisis Facetado de los Mapas Conceptuales para la recuperación de información en una ontología de dominio. La investigación resulta en presentar una solución que permite a los usuarios niveles de abstracción para la navegación facetada en el área de dominio presentado en una ontología. El problema analizado en el contexto real de una sociedad agrícola brasileña es un desafío porque la estructura computacional formal de descripción semántica de una ontología de dominio no se muestra factible desde el punto de vista de la cognición de sus miembros. Teniendo en cuenta eso, se presenta en este trabajo los estudios de la Teoría de Análisis Facetado y Mapas Conceptuales, y también los resultados, utilizándose un prototipo de herramienta web facetada de navegación en una muestra de ontología *OntoAgroHidro*, que fue creada por una empresa brasileña de investigación dirigida a la organización del conocimiento del dominio sobre el impacto de la agricultura e del cambio climático en los recursos hídricos. Los resultados demuestran la primera viabilidad de navegación y recuperación de la información en la ontología, usando el prototipo web facetado. Se cree que a través de este estudio se puede desarrollar una solución computacional que pueda facilitar la creación del modelo conceptual para navegar en facetadas y mapas conceptuales en todo el dominio representado por *OntoAgroHidro*, permitiéndose la evaluación del aprendizaje humana con respecto al dominio, y la recuperación y el intercambio de información entre grupos de usuarios.

Palabras clave: Organización del conocimiento. Teoría del análisis facetado. Mapas conceptuales. Ontologías de dominio.

Agradecimientos

Agradecimientos ao apoio das Agências de fomento FAPEMIG e CNPq/Brasil.

Abstract

This paper presents partial results of a research project still in development that aims to study the theories of faceted analysis and concept maps for faceted search in a domain ontologies. The research presents a solution that enables abstraction levels for users in order to retrieve information in the domain area represented in ontology. The problem, which is analyzed in a real context of Embrapa (Brazilian Agricultural Research Corporation), is considered a challenge because the formal computational structure of semantic description of domain ontology does not present itself as feasible from the point of view of its users' cognition. Therefore, this paper presents studies of Faceted Analysis Theory and Concept Maps and the results using a web tool prototype for faceted navigation in a sample of *OntoAgroHidro* ontology that was created by Embrapa and which is aimed at the organization of the domain knowledge regarding the impact of agriculture and climatic changes on water resources. The results show the feasibility of navigation and retrieval of information in the ontology using the Web faceted prototype. It is believed that through this study a computational solution can be developed that can facilitate the creation of the conceptual model for faceted and concept map navigation around the area represented by *OntoAgroHidro*. This way human learning on the domain can be assessed, as well as the recovery and sharing of information on user groups.

Keywords: Organization of knowledge. Theory of faceted analysis. Concept maps. Domain ontologies.

1 Introdução

Um dos objetivos da organização do conhecimento é criar uma visão compartilhada sobre um domínio para determinada comunidade de usuários. Assim, no contexto de um grupo de

peças trabalhando em conjunto dentro de um mesmo domínio, tem-se que a organização de conceitos e informação em Sistemas de Organização do Conhecimento é essencial para o desenvolvimento de um trabalho eficaz.

Considerando essa necessidade e a possibilidade de uso das tecnologias para apoiar a organização do conhecimento, as ontologias de domínio têm-se apresentado como uma alternativa para explicitar de maneira formal conceitos e relações compartilhadas dentro de uma determinada área de assunto.

Conforme apresentado por Sales *et al* (2008), um importante elemento das ontologias é a representação do conhecimento em um contexto semântico, podendo prover aos computadores maior inteligência de processamento devido às representações de relações estarem explícitas em uma linguagem formal. Desta forma, melhores resultados de recuperação de informação podem ser apresentados para os usuários.

No âmbito computacional, a criação de ontologias tem sido beneficiada pelo desenvolvimento de linguagens formais como a OWL (*Web Ontology Language*) (1) e de ferramentas sofisticadas como o *Protégé* (2) que oferecem os recursos necessários para que se possa fazer a recuperação de informação pelos computadores. No entanto, do ponto de vista navegacional e da cognição humana, a estrutura é extremamente complexa e carece de uma interface que possibilite níveis de abstrações para recuperação de informação que favoreça aos usuários, sem domínio dessas tecnologias, facilidade para acesso, recuperação e aprendizagem dos diversos conteúdos do domínio, representados pela ontologia.

Esse problema identificado, no contexto real da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, constitui-se um desafio e carece de uma solução eficiente. Assim, este trabalho apresenta os resultados parciais de um projeto de pesquisa em desenvolvimento, que tem como objetivo estudar a Teoria da Análise Facetada e Mapas Conceituais para representação de informação em ontologias de domínio. A ontologia de domínio analisada, neste estudo de caso, é a *OntoAgroHidro*, que foi criada, visando a organização do conhecimento do domínio referente ao impacto da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos. A sua construção foi feita por especialistas e a estrutura contém mais de 8500 conceitos do domínio descritos em OWL 2, usando a ferramenta *Protégé*.

A justificativa para este estudo da Teoria da Análise Facetada foi baseada nos resultados dos trabalhos desenvolvidos por Pontes e Lima

(2012) e Maculan (2011), onde se mostra que um modelo conceitual, no contexto digital baseado nesta teoria, proporcionou uma representação e recuperação mais eficiente. Além disso, têm-se os resultados positivos do trabalho realizado por Lima (2004), em que a Teoria da Análise Facetada foi utilizada para modelagem conceitual de um documento hipertextual, sendo também feito o uso da teoria de Mapas Conceituais para criar uma estrutura de navegação.

No percurso metodológico de desenvolvimento deste trabalho, a partir dos estudos do referencial teórico e de revisão de literatura, encontrou-se no protótipo *Facetlog* desenvolvido por Silva (2013), uma ferramenta para representar a ontologia *OntoAgroHidro* em uma interface web de navegação facetada. Para esta representação, foi escolhida de forma arbitrária uma amostra da ontologia e criado um modelo de mapeamento desta para a estrutura do protótipo.

Os resultados obtidos demonstram inicialmente a viabilidade de navegação e recuperação de informação na ontologia através do protótipo web facetado. Acredita-se que é possível desenvolver uma solução computacional que possa facilitar a criação do modelo conceitual para navegação em facetadas e mapas conceituais em todo o domínio representado pela *OntoAgroHidro*, permitindo, assim, avaliar o aprendizado humano sobre o domínio, bem como a recuperação e compartilhamento de informação entre usuários.

A organização do artigo apresenta-se da seguinte forma. A seção 2 relata a metodologia de desenvolvimento do trabalho. Em seguida, são descritos, nas respectivas seções, os fundamentos teóricos, a revisão de literatura, a ontologia *OntoAgroHidro*, os resultados do trabalho e as considerações finais.

2 Metodologia

No que se refere ao objetivo proposto, este trabalho se enquadra como uma pesquisa exploratória, descritiva e de estudo de caso. Segundo Gil (1991), a primeira tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, envolvendo o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. A pesquisa descritiva visa a descrição das características de determinada população ou fenômenos ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. O estudo de caso é em razão do uso da *OntoAgroHidro*, dentro do seu contexto real. A natureza da pesquisa é de caráter aplicado, que, segundo Marconi e Lakatos (2003), caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados, ime-

diatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade.

As etapas a seguir descrevem o percurso metodológico utilizado para desenvolvimento deste trabalho:

- *Pesquisa Bibliográfica.* Nesta etapa foi realizada uma pesquisa de referencial teórico para estudo sobre os conceitos de Teoria da Análise Facetada, Mapas Conceituais e Ontologias, bem como um estudo de trabalhos relacionados, onde se buscou analisar o uso desses conceitos em aplicações de organização da informação. A pesquisa foi realizada nas bases de dados do Portal Capes, Google Acadêmico, Revistas Científicas nacionais e internacionais, bem como em bibliotecas de teses e dissertações de diversas instituições.
- *Estudo da Ontologia OntoAgroHidro.* Visando compreender o domínio a ser modelado, estudou-se o processo de construção da ontologia, bem como a sua estrutura, relações e instâncias representadas na ferramenta *Protégé*. Durante esta etapa houve contato contínuo com profissionais especialistas do domínio que trabalharam na criação da ontologia e no estudo de ferramentas de visualização para compreensão das estruturas da ontologia.
- *Estudo e escolha da Interface.* Para avaliar como a representação da *OntoAgroHidro* poderia ser feita, em facetadas e mapas conceituais, estudaram-se algumas ferramentas e escolheu-se aprofundar no estudo do protótipo *Facetlog* (3), desenvolvido por Silva (2013), onde se apresenta uma interface web para navegação facetada.
- *Modelagem Conceitual.* Dentro desta etapa, buscou-se identificar como as estruturas da ontologia poderiam ser abstraídas e mapeadas para a ferramenta de navegação web facetada *Facetlog*.
- *Testes e Análises de Resultados.* A partir do modelo representado, foram realizados testes e avaliações de navegação e recuperação de informação.

3 Fundamentos Teóricos

Nesta seção é apresentada a fundamentação teórica dos assuntos em que se baseia a proposta de desenvolvimento deste trabalho.

3.1 Teoria da Análise Facetada

A Teoria da Análise Facetada tem sua origem no trabalho de um matemático indiano que se tornou bibliotecário, Shialy Rammarita Ranganathan (1892-1972), publicado na década de

1930. Ele é considerado um dos estudiosos que mais contribuiu para a teoria da biblioteconomia no século XX, especialmente na área da classificação de assunto (Lima, 2004). A teoria consiste em um tipo de classificação capaz de identificar características comuns a diversas categorias de um assunto, organizando-o em partes denominadas facetadas; envolve dois processos diferenciados, porém complementares: a análise de assunto em facetadas e a síntese dos elementos constituintes do mesmo, sendo portanto, aplicável a qualquer que seja a área do conhecimento (Duarte e Cerqueira, 2007). Na definição de Barbosa (1972) tem-se que:

Classificação facetada é o sistema que agrupa termos estruturados, na base da análise de um assunto, para identificação de suas facetadas, isto é, dos diferentes aspectos nele contidos. A análise em facetadas coordena conceitos, significando que um assunto, por mais complexo que seja, pode ser representado pela síntese de mais de uma facetada, cada uma indicando conceitos diferentes [...].

Conforme apresentado por Lima (2004), para elaborar uma classificação facetada, examina-se a literatura de um assunto com a finalidade de identificar seus conceitos e termos e então se estabelecem as suas características e facetadas. Após levantar e definir a terminologia própria do assunto, os termos são analisados e distribuídos em facetadas. Neste processo, um assunto é fragmentado em facetadas e representado através da seleção de elementos de cinco categorias fundamentais: Personalidade (*Personality*), Matéria (*Matter*), Energia (*Energy*), Espaço (*Space*) e Tempo (*Time*), conhecida pela sigla PMEST. A categoria Personalidade é a característica que distingue o assunto. Na categoria Matéria, localiza-se o material físico do qual um assunto pode ser composto. A categoria Energia pode ser entendida como uma ação que ocorre com respeito ao assunto, enquanto a categoria Espaço é o componente geográfico da localização de um assunto e a categoria Tempo representa o período associado com um assunto.

As categorias fundamentais de Ranganathan foram estudadas de forma dedicada, a partir da década de 50, por um grupo de pesquisadores de Londres que formou o *Classification Research Group* (CRG). A partir das ideias propostas por Ranganathan, esse grupo propôs modificações em alguns aspectos dessa teoria, por considerá-la muito restritiva. Dentre as modificações, o CRG ampliou as cinco categorias do PMEST para dez: Tipos de produto final, Partes, Materiais, Propriedades, Processos, Operações, Agentes, Espaço, Tempo e Forma de Apresentação. A Tabela 1, conforme apresentada por

Maculan (2011), demonstra que as categorias indicadas pelo CRG parecem se acomodar dentro das categorias indicadas por Ranganathan, sendo apenas mais segmentadas e subdivididas.

<i>Ranganathan</i>	<i>CRG</i>
Personalidade	Tipos de produto final
Matéria	Partes Materiais Propriedades Formas de Apresentação
Energia	Processos Operações Agentes
Espaço	Espaço
Tempo	Tempo

Tabela I - Comparação entre as categorias de Ranganathan e CRG

Conforme explica Maculan (2011), tanto os fundamentos de Ranganathan quanto do CRG propõem segmentar um assunto dentro de um domínio em particular. Assim, tem-se que todo domínio possui, na visão de Ranganathan, as categorias: “Personalidade”, que é o assunto ou objeto; “Matéria”, que é a decomposição desse assunto ou objeto em diferentes atributos ou características (materiais, propriedades, qualidade); “Energia”, que são as ações, atividades ou processos em relação ao assunto ou objeto investigado; “Espaço”, que é a ambientação do assunto ou objeto, tal como seu lugar geográfico; e “Tempo”, que geralmente é a data ou período histórico-contextual do objeto estudado, ou mesmo o ano de produção de tal conhecimento. As categorias “Espaço” e “Tempo” são iguais e, por isso, não causam polêmica, porém, as outras merecem melhor esclarecimento. Traçando um paralelo conforme as demais categorias indicadas por Ranganathan e o CRG, consideram-se as categorias: “Personalidade” como “Tipos de Produto Final”, pois é o tema sobre o qual o autor irá investigar; “Matéria”, como “Partes, Materiais, Propriedade”, que é a segmentação do tema pesquisado e “Energia”, como “Processos, Operações, Agentes”, uma vez que indica as formas de execução e as variáveis analisadas na ação. Desse modo, nota-se que, mesmo ampliando o número de categorias, as mesmas podem ser consideradas especificidades das categorias representadas pelo PMEST, idealizado por Ranganathan.

Dentre as vantagens da Teoria da Análise Facetada, Costa (2012) apresenta a possibilidade de um conjunto de informação ser organizado de

diversas formas. A organização de uma revista, por exemplo, pode ser realizada por assuntos: notícias, esportes, cultura, arte, saúde, beleza, dentre outros. Esse conjunto pode ser denominado de classificação facetada, pois cada assunto é uma dimensão na estrutura que organiza a informação. Esse tipo de classificação permite ao usuário buscar informações a partir de diversos termos, podendo relacioná-los, o que se caracteriza como uma das vantagens da classificação facetada, pois acomoda diferentes estratégias de busca e modelos conceituais.

No desenvolvimento deste trabalho, buscou-se o entendimento dos princípios da organização do conhecimento pela análise facetada, representação de conceitos descritos em uma ontologia de domínio.

3.2 Mapas Conceituais

A teoria referente a Mapas Conceituais foi desenvolvida, na década de 70, pelo pesquisador Joseph Novak, a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Novak e Kañas (2008) apresentam o mapa conceitual como uma ferramenta gráfica para organização e representação do conhecimento. Na definição apresentada por Moreira (2010) tem-se que os mapas conceituais podem ser entendidos como diagramas bidimensionais, que mostram relações hierárquicas entre conceitos de um corpo de conhecimento e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo.

Os mapas conceituais permitem representar os conceitos, geralmente dentro de círculos, e as relações entre os conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam. Os conjuntos conceito-relação-conceito formam proposições, que são afirmações significativas sobre os objetos ou eventos envolvidos. As proposições definem as unidades semânticas, ou unidades de conhecimento do mapa. Na estrutura do mapa conceitual pode-se representar também ligações cruzadas, identificando relacionamentos entre conceitos em duas diferentes áreas do mapa. A Figura 1 apresenta um mapa conceitual, conforme Souza (2006), representando esses conceitos. Uma característica importante do mapa conceitual mostrado nesta ilustração é que os conceitos são representados de forma hierárquica com os mais inclusivos, ou genéricos, localizados na parte superior do mapa, e os conceitos mais específicos localizados na parte inferior. Dessa forma, o eixo vertical do mapa define uma estrutura hierárquica para os conceitos.

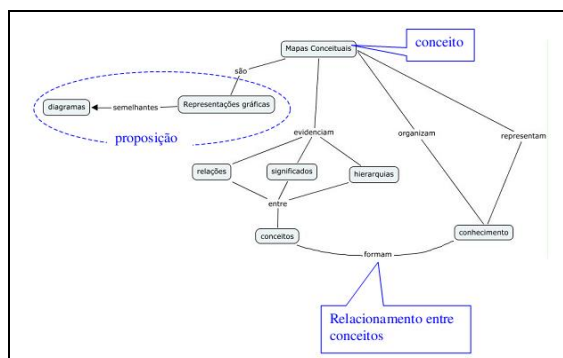


Figura 1: Um mapa conceitual representando o conceito de mapa conceitual

Conforme apresentado por Lima (2004), os mapas conceituais podem apresentar as seguintes vantagens: 1) definição de uma ideia central, através do posicionamento do assunto no centro da página; 2) uma clara indicação da importância relativa de cada ideia; 3) a facilidade para encontrar os links entre as ideias-chave. 4) a visão geral de toda informação básica em uma página; 5) em decorrência, uma revocação e uma revisão mais eficientes; 6) a inserção de novas informações, sem atrapalhar a estrutura informacional; 7) a facilidade para acessar a informação em diferentes formatos e diferentes pontos de vista; 8) a facilidade da compreensão da complexidade de relações entre as ideias; 9) a facilidade de verificar contradições, paradoxos e falhas no material organizado.

Conforme Tavares (2007), embora os mapas conceituais possam transmitir informações factuais tão bem quanto os textos, esses organizadores gráficos são mais efetivos que os textos para ajudar os leitores a construir inferências complexas e integrar as informações que eles fornecem. Eles também têm o potencial de melhorar a acessibilidade e usabilidade materiais durante uma pesquisa na medida em que apresentam marcas visuais-espaciais que podem guiar uma seleção ou categorização. Existe a comprovação empírica sobre a eficiência de buscas, onde se comprova que os interessados localizam mais informações quando elas são apresentadas em formas de mapas ao invés de textos.

A estrutura de um mapa conceitual pode ser representada de diferentes maneiras, conforme a necessidade e interesse de demonstrar os conceitos. Dentre as representações mais comuns estão os mapas do tipo teia, em que o tema central é colocado no centro do mapa, os mapas hierárquicos e os em *flowchart*. Quanto à forma de apresentação, os mapas podem estar em formato 3D, hiperbólico, etc.

Existem diversas ferramentas que permitem o desenho de mapas conceituais, sendo o software *CmapTools*, desenvolvido pelo IHMC (*Institute for Human and Machine Cognition*), uma solução com potencial para auxiliar na exploração de documentos, dando suporte à visualização e ao processo de aquisição, organização, representação, localização e utilização do conhecimento documentado, bem como da informação e do conhecimento presente nos ambientes digitais.

Neste trabalho a compreensão do conceito de Mapas Conceituais foi necessária para estudar a representação dos conceitos descritos no domínio de conhecimento.

3.3 Ontologias

Conforme apresentado por Almeida (2013), o termo ontologia tem sido utilizado em diversos campos científicos, apresentando diferentes visões sobre o seu significado. No contexto da Ciência da Informação as ontologias podem ser consideradas um mecanismo de representação do conhecimento, como um meio de observação do conhecimento de um dado domínio.

Guizzard *et al* (2008) apresenta que, no contexto de modelagem conceitual, o termo ontologia é usado de acordo com a definição dada em filosofia, que é a referência a um sistema formal de categorias que pode ser usado para articular conceituações e modelos em domínios específicos de conhecimento.

Desta forma, de acordo com Campos (2010), pode-se entender que uma conceituação é 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. Embora, na Ciência da Informação, existam outras maneiras de representação da informação em bases compartilhadas, como tesouros, as ontologias oferecem um recurso além e extremamente poderoso que é a possibilidade de vir a oferecer inferência para dar suporte à manipulação do conhecimento explicitado em uma ontologia.

De acordo com Almeida e Bax (2003), as ontologias nem sempre apresentam a mesma estrutura, mas existem características e componentes básicos, que são presentes em grande parte delas. Assim, são apresentados como componentes básicos: Classes (organizadas em uma taxonomia), Relações (representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio), Axiomas (usados para modelar sentenças verdadeiras) e Instâncias (utilizadas para representar elementos específicos – os próprios dados).

Quanto aos benefícios relacionados ao uso de ontologias na especificação de um domínio, Guizzardi (2000) apresenta:

- **Comunicação.** As ontologias são úteis para auxiliar a comunicação entre pessoas acerca de determinado conhecimento, pois auxiliam o raciocínio e o entendimento sobre esse domínio. Essa relação auxilia na obtenção de consenso, interação e elicitación de conhecimentos sobre termos técnicos em uma comunidade profissional.
- **Formalização.** A formalização está relacionada à especificação da ontologia, que permite eliminar contradições e inconsistências na representação de conhecimento, além de não ser ambígua. Além disso, essa especificação pode ser testada, validada e verificada.
- **Representação de Conhecimento e Reutilização.** As ontologias formam um vocabulário de consenso que permite representar conhecimento de um domínio em seu nível mais alto de abstração, possuindo, dessa forma, potencial de reutilização.

Existem várias classificações quanto aos tipos de ontologias. Guarino (1998) propõe uma classificação baseada em seus conteúdos. Nesta classificação têm-se as ontologias de alto nível (*Top Level Ontologies*) que descrevem conceitos gerais como espaço, tempo, evento e outros, que são independentes de um domínio em particular. Já as ontologias de domínio (*Domain Ontologies*) e as ontologias de tarefas (*Task Ontologies*) descrevem respectivamente o vocabulário de um domínio e de tarefas ou processos. As ontologias de aplicação (*Application Ontologies*) descrevem conceitos que são dependentes tanto de um domínio quanto de uma tarefa.

Neste trabalho a ontologia *OntoAgroHidro* estudada classifica-se como uma ontologia de domínio.

4 Revisão de Literatura

Nos últimos anos diversos estudos baseados na Teoria da Análise Facetada têm sido realizados, principalmente no contexto de conteúdos e ambientes digitais, apontando ser esta a abordagem adequada para se utilizar na representação e organização da informação neste meio.

No trabalho de pesquisa de doutorado de Campos (2001) foi estudada a modelagem conceitual em hiperdocumentos, sendo proposto o modelo conceitual, não somente como etapa da modelagem de dados para a implementação de hiperdocumentos mas como uma prerrogativa

da própria essência do objeto hiperdocumento. No trabalho de Campos destaca-se a atenção às necessidades e abordagens da Ciência da Informação no desenvolvimento da modelagem semântica de hiperdocumentos, mostrando preocupação com a preservação do conteúdo, os problemas da fragmentação e com a organização a partir da autoria dos mesmos. Dentre as teorias utilizadas no trabalho de Campos, a Teoria da Análise Facetada, com sua base classificatória, foi utilizada para compor um sistema de conceitos para construção de um domínio de conhecimento. Como resultados desse trabalho foram apresentados um conjunto de requisitos para auxiliar o desenvolvimento de metodologias, para a construção de modelos conceituais, mais apropriadas para hiperdocumentos. Constatou-se que a modelagem conceitual é uma etapa importante em todos os processos ligados a tecnologias de informação que envolvem a construção de modelos de representação.

Lima (2004) apresenta como objetivo de seu estudo de doutorado a construção de um modelo hipertextual para teses e dissertações, visando a organização desses documentos acadêmicos, tanto na instância de produção primária como no momento da organização de sistemas de hipertextos ou bibliotecas digitais. Os resultados desse trabalho foram um modelo conceitual baseado na conjugação de uma estrutura facetada e de um elemento da estrutura formal do documento; bem como demonstrou-se a aplicabilidade da Teoria da Análise Facetada na modelagem conceitual. A autora destaca ainda a importância e necessidade de pesquisas sobre a organização semântica de textos, envolvendo uma estrutura conceitual, a partir de uma análise cognitiva, seguida da correspondente aplicação tecnológica.

No trabalho realizado por Tristão *et al* (2004) constatou-se, através de uma revisão de estudos que a Teoria da Análise Facetada tem sido bastante utilizada como recurso para a organização do conhecimento, estando apta para atender à demanda em todas as áreas do conhecimento. Constatou-se que os sistemas de classificação facetado, além de criarem termos gerais e específicos, distribuem-nos em classes ou categorias gerais e específicas, usando facetas ou subclasses, criando-se um sistema correlacionado, que possibilita facilitar a organização e a recuperação.

A Teoria da Análise Facetada é apresentada no trabalho de Broughton (2006) como uma abordagem conceitual importante para métodos de recuperação de informação; essa teoria também é usada para a organização dos conteúdos em sites comerciais e também para a construção de

vocabulários e modelos conceituais. Portanto, verificou-se que a utilização de sistemas facetados se tornou comum dentre os métodos de recuperação de informação, sendo útil para navegação e recuperação, podendo também ser explorada para indexação semiautomática e expansão de consultas em sistemas de recuperação de informação.

Hearst (2008) apresenta, em seu trabalho, uma análise sobre a interface de sistemas de navegação facetada construídos, baseados nos princípios da Teoria da Análise Facetada. É relatado que existe um crescente número de serviços oferecendo as possibilidades dessa técnica para navegação e exploração de conteúdos em ambientes web. No entanto, apresenta a necessidade das interfaces apresentarem melhores estratégias para as escolhas das suas categorias de classificação, bem como terem uma integração com as busca por palavra-chave.

Maculan (2011) em seu trabalho de mestrado utilizou os princípios da teoria da análise facetada e elaborou uma taxonomia facetada navegacional para uma biblioteca de teses e dissertações. Os resultados do trabalho de Maculan demonstraram que o mecanismo de navegação facetada proposto facilitou a tarefa de exploração, busca e recuperação, por conteúdos, dos documentos de teses e dissertações de uma biblioteca digital, fornecendo acesso a dados como teorias, métodos e instrumentos de coleta de dados, auxiliando o usuário a explorar os resultados das pesquisas concluídas, uma vez que esses passam a ter maior visibilidade do conteúdo disponível no ambiente, sem sobrecarregá-lo de informações.

No trabalho de Silva e Neves (2011) é apresentada a aplicação da Teoria da Análise Facetada como possibilidade de estruturação do conhecimento, através da organização de conceitos e da criação de relacionamentos em ambiente de banco de dados. O modelo desenvolvido destina-se à organização de materiais pedagógicos de uma instituição da pesquisa. Concluiu-se, neste trabalho, que é possível adotar a teoria em ambientes digitais por meio da modelagem conceitual, sendo possível apresentar uma estrutura de classificação facetada ilimitada, flexível e multidimensional.

No trabalho de Pontes e Lima (2012) a Teoria da Análise facetada foi utilizada para representação e organização do acervo de uma biblioteca digital de teses e dissertações, em conjunto com Taxonomias Dinâmicas, para compor o mecanismo de busca e navegação. Ponte considera que uma busca dinâmica facetada fornece suporte a um novo paradigma de acesso,

permitindo a exploração guiada do acervo e fazendo uma ponte entre os processos de busca e a navegação. Além disso, o uso dessa abordagem parece ser intuitivo e facilmente utilizado pelos usuários. As taxonomias dinâmicas, projetadas de forma facetada, requerem um esquema conceitual simples e são capazes de se adaptar a relacionamentos novos e não previstos, permitindo aos usuários descobrir esses relacionamentos nas operações de navegação e recuperação.

O trabalho de Silva (2013) relata o uso das taxonomias facetadas aplicadas em ambientes digitais de recuperação de informação e web e apresenta um protótipo de uma ferramenta web de navegação facetada e indexação colaborativa pelo usuário. Na avaliação do protótipo desenvolvido, verificou-se que tanto a navegação facetada quanto a taxonomia facetada são estratégias válidas para complementar a recuperação da informação e a indexação, sendo utilizadas, em geral, em um terço das ações dos usuários nos testes realizados.

Referente aos estudos sobre a utilização de Mapas Conceituais, tem-se, no trabalho apresentado por Amoretti (2000), que a representação do conhecimento sob a forma de mapas conceituais, com conceitos organizados de forma relacional e modular, é uma maneira alternativa de estruturar a informação. A fundamentação teórica dos mapas conceituais decorre da teoria das redes semânticas, que é basicamente uma representação visual do conhecimento.

No trabalho de Lima (2004), os mapas conceituais foram utilizados como uma ferramenta de representação do conhecimento de forma gráfica, construindo redes de conhecimentos constituídas de nodos e links, nas quais os nodos representam os conceitos e os links representam as relações entre os conceitos. Nesse trabalho, os mapas conceituais representaram modelos conceituais criados a partir da Teoria da Análise Facetada. Segundo a autora, a representação concisa e gráfica do conhecimento por meio do mapa conceitual, com ampla possibilidade de relações, resulta em um ambiente ideal para criar uma estrutura navegacional, onde os usuários possam encontrar a informação com conteúdo semântico, principalmente se esta representação for feita por um especialista na área a ser estruturada.

Berti Júnior *et al* (2011) apresenta em seu trabalho uma reflexão sobre a aplicabilidade da técnica de mapas conceituais na organização da informação e do conhecimento em ambientes digitais e conclui, por meio de experimento, que os mapas conceituais, enquanto método e téc-

nica, podem ser incorporados à Ciência da Informação, sendo necessária a realização de pesquisas que demonstrem a aplicação dos mapas conceituais para esse propósito.

A partir desta revisão de literatura percebe-se que essas teorias já vêm sendo aplicadas para melhorar a organização e a recuperação da informação, o que justifica a sua investigação como solução para o domínio deste trabalho.

5 *OntoAgroHidro*: uma ontologia de domínio

A *OntoAgroHidro* é uma ontologia de domínio criada a partir do interesse de um grupo de pesquisadores especialistas na área de recursos hídricos, mudanças climáticas e de uso da terra dentro da Embrapa. O estudo referente à necessidade de se conciliar o desenvolvimento da produção agrícola com o uso sustentável da água e das terras pode ser considerado de relevância mundial, e a necessidade de se ter uma solução para compartilhar e integrar informação entre as diversas instituições e pesquisadores desencadeou os esforços para criação de uma ontologia de domínio.

O processo de construção da *OntoAgroHidro* é relatado por Bonacin *et al* (2013), onde se apresentam as estratégias de reuso e integração de outras representações existentes para refinar os conceitos da ontologia. O resultado gerado deste processo foi a ontologia descrita em OWL 2.0, usando a versão 4 da ferramenta Protégé, com cerca de 8500 conceitos (incluindo classes e instâncias) do domínio.

Os principais conceitos apresentados na *OntoAgroHidro* são mostrados na Figura 2, gerada pela ferramenta *OntoGraf* no Protégé. Esta Figura contém as sete classes principais destacadas, a partir das quais se têm as descrições de outras subclasses, relações, propriedades e instâncias na *OntoAgroHidro*.

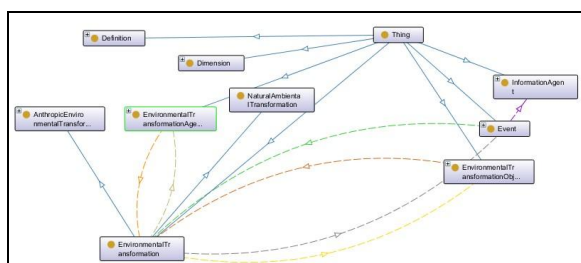


Figura 2. Representação das principais classes da *OntoAgroHidro* na ferramenta Protégé

A classe *Environmental Transformation* (mostrada na parte inferior da Figura 2) é a classe principal da ontologia e representa os fenôme-

nos referentes às mudanças (físicas, químicas, biológicas, sociais ou econômicas) no meio-ambiente. Conforme apresentado na Figura 2 esta classe possui uma relação com as classes *Event*, *Environmental Transformation Object* e *Environmental Transformation Agent*. A classe *Event* representa os eventos que causam mudanças ambientais. A classe *Environmental Transformation Object* representa os objetos que são afetados pelas transformações. A classe *Environmental Transformation Agent* representa os agentes das transformações ambientais. A classe *Dimension* descreve os vários aspectos de um evento. A classe *Definition* representa os conceitos necessários para definir os elementos-chave do domínio e de áreas afins. A classe *Information Agent* é a última classe do primeiro nível hierárquico da *OntoAgroHidro* e representa os agentes que produzem ou contêm informações sobre as transformações ambientais.

No trabalho de Bonacin *et al* (2015) avalia-se os aspectos de interoperabilidade semântica e de recuperação de informação na *OntoAgroHidro*, mostrando, através de um estudo, as potencialidades e limitações desta ontologia, bem como sugestões de trabalhos futuros para uso da ontologia.

6 Resultados

Seguindo as etapas que foram descritas na metodologia, apresenta-se a seguir os resultados alcançados com o desenvolvimento deste trabalho.

Como resultado dos estudos teóricos, apresenta-se a Tabela 2, baseada em Silva (2013) e Maculan (2011), que mostra relação entre as propostas de categorização de Ranganathan e CRG com as representações em Ontologias e Mapas Conceituais.

Ranganathan	CRG	Ontologias	Mapas Conceituais
Personalidade	Tipos de produto final	Classe e subclasse	Conceito
Matéria	Partes Materiais Propriedades Formas de Apresentação	Todo e Parte Atributos	Hierarquia Relações

Energia	Processos Operações Agentes	Relações	Proposições/inferências
Espaço	Espaço	Atributo Origem	Objeto Origem
Tempo	Tempo	Atributo Data	Objeto Data

Tabela 2. Quadro comparativo da proposta da representação de um domínio

O objetivo desta relação apresentada na Tabela 2 não é estabelecer uma equivalência, mas sim mostrar que os fundamentos podem ser usados em conjunto conforme os propósitos desejados. Trata-se de considerar que abstrações podem ser feitas para melhorar as compreensões de domínios, sem perder, no entanto, as propriedades fundamentais.

A Figura 3 apresenta a interface do protótipo da ferramenta desenvolvida por Silva (2014), utilizada para representação da ontologia *OntoAgroHidro*, em cujo ambiente é possível criar catálogos que são acessados através de uma interface web, onde se pode realizar buscas por palavras-chave e navegar por uma estrutura facetada. Esta solução possui ainda funções de colaboração para que outros usuários possam manter a criação e a indexação colaborativa dos conteúdos.

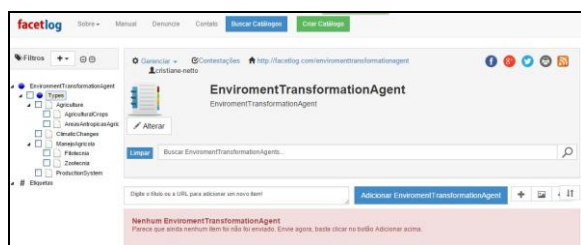


Figura 3. Interface da ferramenta Facetlog

O resultado da modelagem conceitual da ontologia pode ser sintetizado conforme a Figura 4 onde se tem a estrutura de mapeamento da *OntoAgroHidro* para o modelo de catálogos do *Facetlog*.

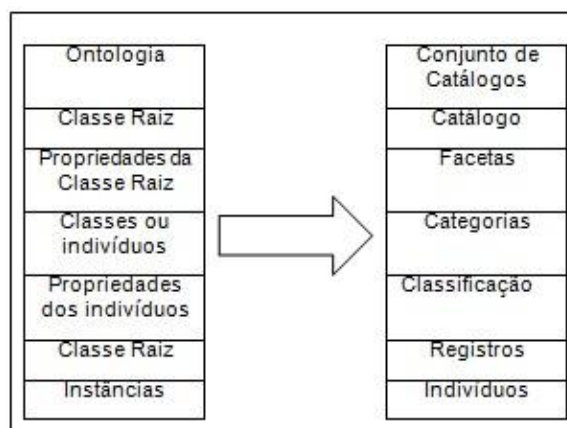


Figura 4. Mapeamento da Ontologia para a estrutura de Catálogos

Este mapeamento permitiu criar manualmente a representação de uma amostra da ontologia na ferramenta. A Figura 5 apresenta a interface gerada com o catálogo *Environmental Transformation*. A classe escolhida da *OntoAgroHidro* compreendeu os primeiros níveis das classes *Environmental Transformation* e suas relações com as classes *Environmental Transformation Agent*, *Environmental Transformation Object* e *Event*.



Figura 5. Interface de um catálogo na ferramenta Facetlog

Os destaques nessa interface referem-se à identificação do catálogo *Environment Transformation* (A); à identificação das categorias (B) e aos relacionamentos (C) deste catálogo com outros que também foram criados na ferramenta.

Em uma versão de testes da ferramenta *Facetlog* avaliou-se a capacidade de representação dos catálogos em mapas em representação de quatro tipos: *Hypertree*, *Spacetree*, *Treemap* e *RGraph*. Esta opção de navegação é mostrada na Figura 6, onde se tem um *menu* para escolha da navegação no catálogo por uma interface visual.

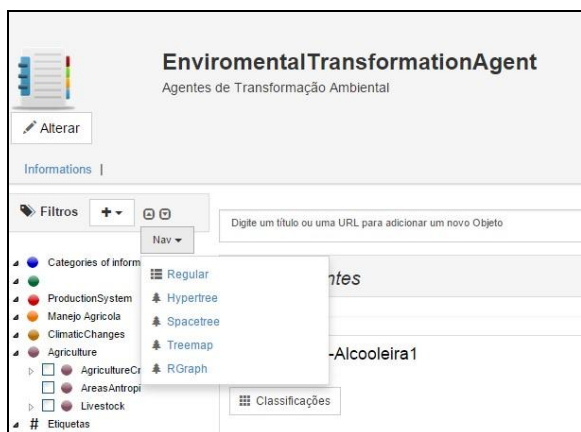


Figura 6. Opções de navegação pelo catálogo

A figura 7 mostra o catálogo *Environmental Transformation Agent*, representado em árvores hiperbólicas (*hypertree*). Este tipo de mapa conceitual oferece uma interface, onde os componentes diminuem e aumentam de tamanho em função da sua distância ao centro, assim como oferece ao usuário uma visão global da informação e uma navegação por foco e contexto.

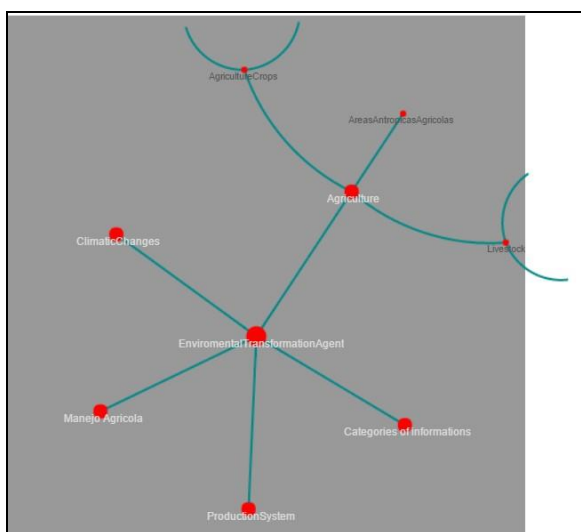


Figura 7. Interface de visualização do catálogo em árvores hiperbólicas (*Hypertree*)

Na figura 8 exibe-se o catálogo *Environmental Transformation Agent* representado em árvores hierárquicas (*spacetre*). Nesta interface os usuários podem ter uma visão analítica das informações do catálogo e das relações entre os conteúdos.

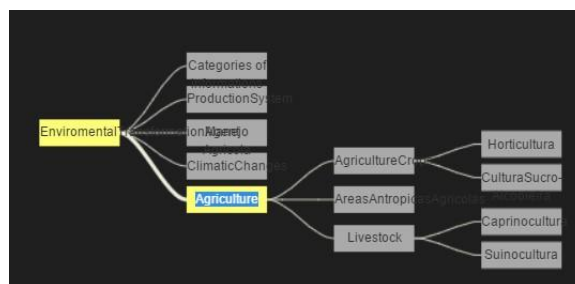


Figura 8. Interface de visualização do catálogo em árvore (*Spacetre*)

Uma representação em retângulos aninhados (*treemap*) é mostrada na Figura 9. Nesta interface as informações hierárquicas são apresentadas com cores e tamanhos variados, podendo auxiliar os usuários na compreensão da organização da informação.

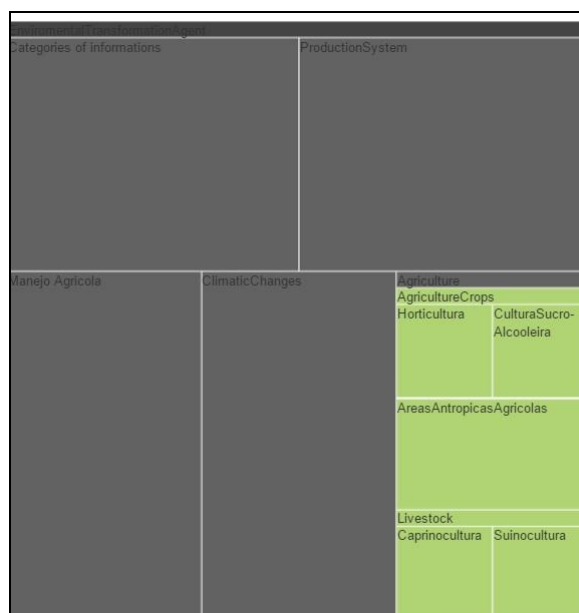


Figura 9. Interface de visualização do catálogo em retângulos (*Treemap*)

Na figura 10 a representação do catálogo é mostrada em grafo, que mostra as categorias de um catálogo, bem como as suas subcategorias.

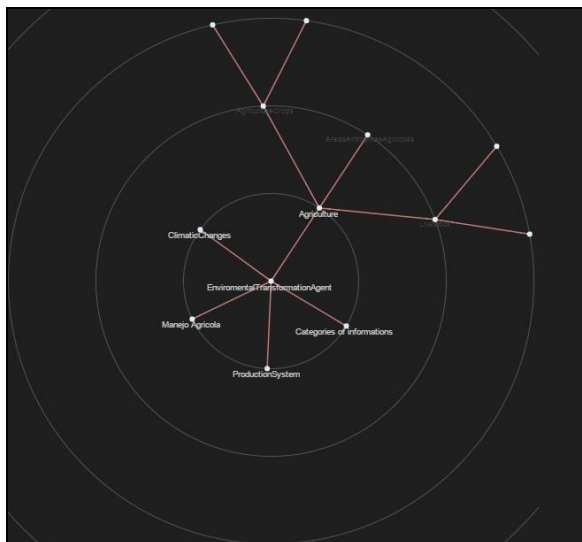


Figura 10. Interface de visualização do catálogo em Grafo (RGraph)

Os resultados dos testes realizados com a ferramenta *Facetlog* demonstraram o potencial dos seus recursos para serem desenvolvidos como uma solução com usuários que desejam navegar e realizar buscas em ontologias. Além disso, os recursos colaborativos podem ser utilizados para construção colaborativa e instanciação de ontologias.

A partir desses primeiros testes realizados visualiza-se a possibilidade de implementar um protótipo baseado no *Facetlog* para usuários do domínio agropecuário brasileiro. Acredita-se que, a partir do conhecimento representado na *OntoAgroHidro*, novos recursos possam ser implementados para se obter uma busca e navegação semântica pela informação. Além disso, considera-se relevante a pesquisa da interface com usuários, avaliando-se os recursos e também os aspectos de auxílio à cognição.

7 Considerações Finais

Este trabalho apresentou um estudo sobre a Teoria da Análise Facetada e Mapas Conceituais para representação e recuperação de informação em contextos digitais. Como estudo de caso foi analisada uma ontologia de domínio, chamada *OntoAgroHidro*, criada pela Embrapa. O problema identificado é a necessidade de uma interface para navegação e recuperação de informação que ofereça aos seus usuários abstrações sobre as propriedades lógicas da ontologia e que favoreça a cognição humana sobre o domínio.

Como experimento inicial avaliou-se o protótipo da ferramenta desenvolvida por Silva (2013), onde uma amostra da ontologia foi mapeada

manualmente para a estrutura de catálogos da ferramenta *Facetlog*. A partir dos resultados obtidos, acredita-se que seja possível implementar uma solução computacional que possa facilitar a criação do modelo conceitual para navegação na classificação facetada e mapas conceituais em todo o domínio representado pela *OntoAgroHidro*, permitindo, assim, facilitar o aprendizado humano sobre o domínio, bem como o compartilhamento de informação.

Como trabalhos futuros pretende-se realizar a implementação de uma solução que possa mapear computacionalmente a estrutura OWL da ontologia para uma estrutura baseada na ferramenta *Facetlog*. Além disso, considera-se necessário um estudo com usuários para avaliar o uso da interface e o seu potencial em contribuir com a cognição humana.

Notas

- (1) http://www.w3.org/standards/techs/owl#w3c_all
- (2) <http://protege.stanford.edu/>
- (3) <http://facetlog.com/>

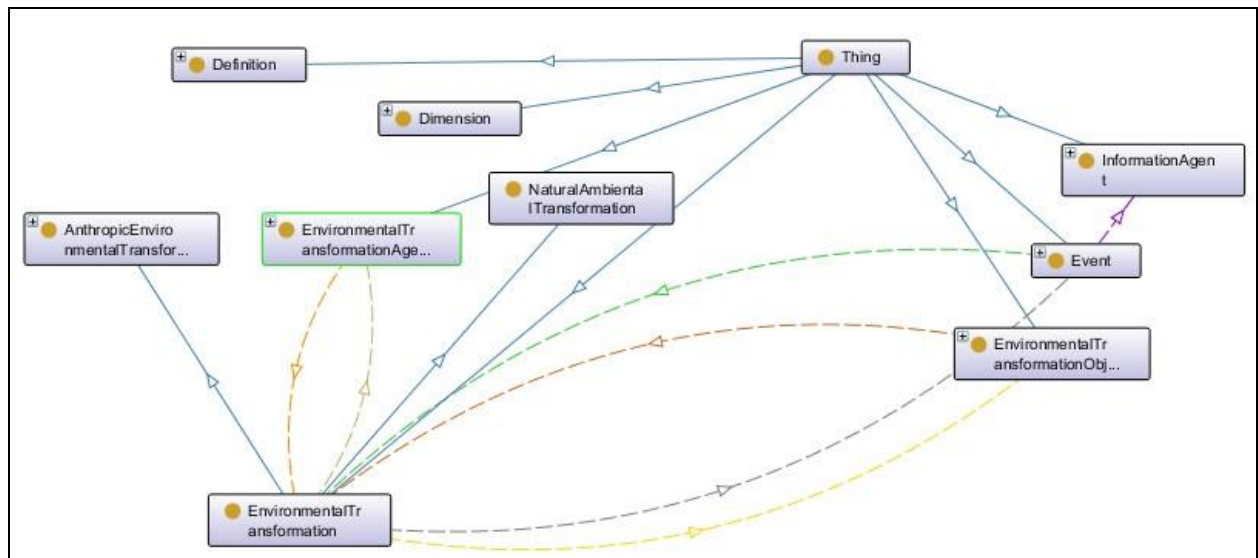
Referências

- Almeida, M. B. (2013). Revisiting ontologies: A necessary clarification. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(1), 1682-1693.
- Almeida, M. B., & Bax, M. P. (2003). Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação*, 32 (3), 7-20.
- Amoretti, M. S. M., & Tarouco, L. M. R. (2000). Mapas conceituais: modelagem colaborativa do conhecimento. *Revista Informática na Educação: Teoria & Prática*, 3(1), 67-71.
- Baeza-Yates, R., & Ribeiro-Neto, B. (1999). *Modern Information retrieval*. New York: Addison- Wesley.
- Barbosa, A. P. (1972). Classificações facetadas. *Ci. Inf.* Rio de Janeiro, 1(2), 73-81.
- Berti-Junior, D. W., Andrade, I. A., & Cervante, B. M. N. (2011). Mapas Conceituais uma ferramenta tecnológica aplicada a organização da informação e do conhecimento. *XXIV Congresso Brasileiro de Biblioteconomia, Documentação e Ciência da Informação*.
- Bonacin, R., Nabuco, O. F., & Junior, I. P. (2013) Conceptualizing the Impacts of Agriculture on Water Resources: experiences and ontology engineering challenges. *Fifth International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems*. ACM Press, 262-269.
- Bonacin, R., Nabuco, O. F., & Junior, I. P. (2015). Ontology models of the impacts of agriculture and climate changes on water resources: Scenarios on interoperability and information recovery. *Future Generation Computer Systems*.
- Broughton, V. (2006). The need for a faceted classification as the basis of all methods of information retrieval. *Aslib Proceedings*, 58 (1/2), 49-72.
- Campos, M. L. A. (2001). *A organização de unidades do conhecimento em hiperdocumentos: o modelo conceitual como um espaço comunicacional para realização da*

- autoria. 198 p. Tese (Doutorado em Ciência da Informação), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Campos, M. L. A. (2010). O papel das definições na pesquisa em ontologia. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 15(1), 10-20.
- Costa, A. (2012). *Taxonomia para ferramentas de autoria: apoio na elaboração de material didático*. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada). Universidade Vale do Itajaí, Vale do Itajaí.
- Duarte E. A., & Cerqueira, R. F. P. de. (2007). Análise facetada: um olhar face a modelagem conceitual. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 4(2), 39-52.
- Gil, A. C. (1991). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (3. ed.). São Paulo: Atlas.
- Guarino, N. (1998). Formal Ontology and Information Systems. *Formal Ontologies in Information Systems*, N. Guarino (Ed.), IOS Press, pp. 3 -15.
- Guizzardi, G., FALBO, R., & Guizzardi, R. S. S. (2008) A importância de Ontologias de Fundamentação para a Engenharia de Ontologias de Domínio: o caso do domínio de Processos de Software. *Revista IEEE América Latina*, 6(3); 244-251.
- Guizzardi, G. (2000). *Desenvolvimento para e com reuso: Um estudo de caso no domínio de vídeo sob demanda*. Dissertação (Mestrado em Informática). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Hearst, M. A. (2008). Uis for faceted navigation: Recent advances and remaining open problems. *Proceedings of the Second Workshop on Human-Computer Interaction and Information Retrieval*, 13-17.
- Lima, G. A. B. O. (2004). *Mapa hipertextual (MHTX) um modelo para a organização hipertextual de documentos*. 2004. 199f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Macêdo, L. N. (2007). Avaliação de um Objeto de Aprendizagem com Base nas Teorias Cognitivas. *XIII Workshop em Informática Educativa*. Rio de Janeiro, RJ,
- Maculan, B. C. M. dos S. (2011). *Taxonomia facetada navegacional: construção a partir de uma matriz categorial para trabalhos acadêmicos*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. (7. ed.). São Paulo: Atlas.
- Moreira, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro Editora.
- Novak, J. D.; & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them. *Florida Institute for Human and Machine Cognition Pensacola*.
- Pontes, F. V., & Lima, G. A. B. (2012). Organização do conhecimento em bibliotecas digitais de teses e dissertações: uma abordagem baseada na classificação facetada e taxonomias dinâmicas. *Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação*, Rio de Janeiro.
- Sales, L. F.; Campos, M. L. A.; Gomes, H. E. (2008). Ontologias de domínio: um estudo das relações conceituais. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 13, 62-76.
- Silva, M. F. (2013). *Proposta de Modelo de Colaboração para Catálogo Web Facetado*. Tese (Doutorado em Ciência da Informação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Silva, M. B., & Neves, D. A. B. (2008). A aplicação da teoria da classificação facetada em banco de dados, através da modelagem conceitual. XII ENANCIB, *Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação*, Brasília.
- Souza, B. P. G. (2006). *O uso de mapas conceituais como ferramenta no planejamento de aulas*. Monografia (Curso de Licenciatura em Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Tavares, R. (2007). Construindo mapas conceituais. *Ciência e Cognição*. 12(1). 72-85.
- Tristão, A. M. D., Fachin, G. R. B., & Alarcon, O. E. (2004) Sistema de classificação facetada e tesauros: instrumentos para organização do conhecimento. *Ciência da Informação*, 33(2), 161-171.

Anexo 1

Representação das principais classes da *OntoAgroHidro* na ferramenta Protégé



Anexo 2

Interface de um catálogo na ferramenta Facetlog

A interface da ferramenta Facetlog mostra o seguinte conteúdo:

- Menu de navegação: Sobre, Manual, Denuncie, Contato, Buscar Catálogos, Criar Catálogo.
- Filtros: +, -
- Categorias de enviromenttransform:
 - AnthropicEnvironmentalTran...
 - NaturalAmbientaITransform...
- Etiquetas: #
- Gerenciar: cristiane-netto
- Contestações: http://facetlog.com/enviromenttransformation
- Nome do Catálogo (A): **EnviromentTransformation**
- Alterar
- Limpar
- Buscar EnviromentTransformations...
- Relacionamentos com outros catálogos (C): **Event | EnviromentTransformationAgent | EnvironmentTransformationObject |**
- Digite o título ou a URL para adicionar um novo item!
- Adicionar Env...