

Modelos de Anotação para Representação de Documentos: uma proposta ontológica para o domínio multimídia

Daniela Lucas da Silva Lemos

Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, E-mail: rsouza@eci.ufmg.br

Renato Rocha Souza

Fundação Getúlio Vargas – FGV, E-mail: renato.souza@fgv.br

RESUMO

O artigo apresenta e discute modelos de anotação para a representação de documentos em ambientes digitais, como *tags*, atributos e relações, destacando o modelo de anotação baseado em ontologias numa perspectiva de tratamento semântico de documentos. Objetiva apresentar uma proposta de modelagem ontológica para a organização semântica de metadados destinados à anotação de documentos multimídia e relatar suas vantagens no uso em ambientes digitais. A proposta de modelagem foi fundamentada metodologicamente em ontologias multimídia mais bem colocadas em um *ranking* obtido a partir de uma avaliação criteriosa acerca de reuso de ontologias, o que assegurou a seleção de recursos de conhecimento adequados para a integração na conceituação do modelo. O modelo buscou cobrir requisitos determinados na pesquisa propondo classes e relacionamentos ontológicos fundamentais oriundos da combinação e alinhamentos de ontologias multimídia previamente analisadas e avaliadas, promovendo uma arquitetura abrangente para a organização semântica de metadados multimídia endereçados a aplicações que lidam com recursos de informação na Web.

Palavras-chave: Modelos de Anotação. Anotação Multimídia. Anotação Semântica. Ontologias.

1 INTRODUÇÃO

O significado tradicional para o termo “anotação” está relacionado a “notas explicativas adicionadas a um livro ou documento” (THE OXFORD ENGLISH DICTIONARY, 1989, p.54). O uso de anotações ou, simplesmente, metadados para descrever itens bibliográficos é uma prática antiga na área de Biblioteconomia (TAYLOR, 2004; ABBAS, 2010), uma vez que o processo de catalogação e indexação sempre foi realizado no intuito de organizar, descrever e melhorar o acesso à informação. Siqueira e Silva (2011) enfatizam a importância dos princípios teóricos e metodológicos oriundos da Biblioteconomia no processo evolutivo de técnicas de tratamento descritivo da informação, como é o caso dos metadados:

Metadado é produto do desenvolvimento histórico de regras bibliográficas, mantendo, portanto, conexões evolutivas com os códigos, tais como o *International Standard Bibliographic Description* (ISBD), o *Anglo-American Cataloguing Rule* (AACR2); formatos como *Machine-Readable Cataloging* (MARC); e com as novas metodologias de tratamento da informação, a exemplo

102

do *Resource Description and Access* (RDA) e do *Extensible Markup Language* (XML) (SIQUERIA; SILVA, 2011, p. 12).

Contudo, com a evolução das tecnologias da informação e comunicação, principalmente com o paradigma da Web Semântica, o conceito “anotação” perpassa o universo bibliográfico (BÜRGER *et al.*, 2009; SILVA; SOUZA, 2014). Schandl *et al.* (2011) designam “anotação” como uma informação vinculada a outro item informacional, e inserem “anotação multimídia” como sendo uma informação vinculada a um objeto multimídia, que varia de imagens estáticas a complexas animações 3D. Multimídia no contexto deste trabalho contempla um documento composto que faz referência a vários tipos de objetos, tais como vídeo, texto, som, imagem, entre outros, e que pode ser dividido em partes que contêm textos, imagens, e assim por diante (SITARAM; DAN, 1999). Atualmente, objetos multimídia tornam-se onipresentes no lazer, no aprendizado, nas artes, na comunicação, no comércio, nas ciências; tomando os formatos de arquivos digitais de texto, vídeo, áudio e imagens produzidos e disponibilizados na Internet e na Web. Podem-se citar exemplos de aplicações multimídia (SCHANDL *et al.*, 2011; DOMINGUE; FENSEL; HENDLER, 2011; NIXON *et al.*, 2011) voltadas a áreas de educação (ensino local e a distância; bibliotecas digitais), de saúde (telemedicina, bases de dados de imagens médicas), de entretenimento (bases de dados sobre músicas, jogos, vídeo sob demanda, TV interativa), de negócios (vídeo conferência, comércio eletrônico) e de patrimônio cultural (coleções digitais organizadas em bases de dados oriundas de museus e outras instituições responsáveis pela guarda e divulgação de obras de arte e documentos históricos), dentre outras.

A natureza da representação de documentos multimídia (SITARAM; DAN, 1999) pode ser estática, independente de tempo (uma fotografia, por exemplo), e dinâmica, dependente de tempo (uma sequência de vídeo, por exemplo). Adjeroh e Nwosu (1997) acrescentam que alguns tipos de dados multimídia como vídeo, áudio e sequências de animação possuem requisitos temporais que implicam diretamente na representação, armazenamento, transmissão, manipulação e apresentação do dado. De forma similar, imagens, gráficos e vídeos possuem restrições espaciais em seus conteúdos no que diz respeito a relações espaciais entre objetos individuais pertencentes a uma imagem ou a um quadro (*frame*, em inglês) de um vídeo.

Bürger *et al.* (2009) ponderam que anotação multimídia pode ser realizada em diferentes níveis, a saber: i) nível de metadados (administrativos ou descrições técnicas como título, identificador, formato); ii) nível de conteúdo (pessoas retratadas na mídia, localizações, eventos); e

iii) nível multimídia (atributos técnicos de nível baixo, como cores, texturas, timbres de som, descrição de melodia). E enfatizam desafios para o contexto de anotação multimídia, principalmente na caracterização da mídia em nível de conteúdo, o que pode ocasionar um tipo de problema conhecido na literatura como *gap* semântico (SUÁREZ-FIGUEROA; ATEMEZING; CORCHO, 2013) entre a inteligência humana e a computacional. A dificuldade encontra-se na harmonização entre a forma como o conteúdo multimídia é percebido pelo usuário humano e o tratamento semântico deste mesmo conteúdo pela máquina. Já em Barreto (2007), índices ou metadados extraídos automaticamente ou anotados manualmente podem ser classificados de acordo com a relação estabelecida com a mídia nas seguintes categorias: i) metadados independentes de conteúdo; ii) metadados dependentes de conteúdo; e iii) metadados descritivos de conteúdo. Em (i), os dados não são concernentes diretamente ao conteúdo da mídia, mas estão associados a esta, como formato, autoria, data, local, etc.; em (ii) os dados refletem características consideradas primitivas ou de nível baixo (ou médio), como cor, textura, forma, relações espaciais, movimento e combinações destes; e em (iii) os dados referem-se ao conteúdo semântico envolvendo entidades da mídia com entidades do mundo real ou eventos temporais, emoções e significados associados a sinais audiovisuais e cenas.

Finalmente, sistemas de informação multimídia progridem continuamente com soluções tecnológicas eficientes para descrição e indexação multimodal, o que afeta a sociedade em geral no que tange à cultura, à produção industrial, à educação, à segurança, à medicina, dentre outras atividades humanas. Entretanto, soluções mais efetivas só serão possíveis a partir de um consenso na definição de conceitos, terminologias, padrões unificados de metadados para representação e recuperação semântica de recursos multimídia, principalmente no contexto da Web Semântica.

As subseções a seguir descrevem modelos de anotação em ambientes digitais incluindo *tags*, atributos, relações e ontologias dentre os quais se caracterizam por seus níveis de complexidade estrutural, a saber: i) formalismo e riqueza estrutural que promovem adequabilidade com tecnologias semânticas; e ii) exigência requerida do usuário envolvido no processo de anotação. Destaca-se que o modelo de anotação baseado em ontologias é o modelo de interesse do presente artigo no qual se pretende apresentar uma proposta de modelagem ontológica para a organização semântica de metadados destinados à anotação de documentos multimídia e relatar suas vantagens no uso em ambientes digitais.

O artigo dá sequência em sua organização expondo na seção 3 os aspectos metodológicos aplicados na concepção da proposta do modelo de anotação; seguido da seção 4 destinada à apresentação do modelo; e, por fim, a seção 5 que traça as considerações finais acerca da proposta de modelagem ontológica.

2 MODELOS DE ANOTAÇÃO

Um modelo de anotação define a forma real em que a anotação é expressa (por meio de *tags*, atributos, relações e ontologias) e vinculada ao conteúdo original anotado. Podem-se incluir várias características relacionadas à proveniência como, por exemplo, uma informação sobre o autor (se é humano ou máquina), um intervalo de tempo, ligações para conteúdo externo estruturado ou não estruturado, ou especificações de fragmentos relacionados ao conteúdo original que está sendo anotado (BÜRGER *et al.*, 2009).

Bürger *et al.* (2009) ressaltam que os modelos de anotação são dependentes da mídia e podem ser também influenciados pelo propósito do processo de anotação; e acrescentam que um modelo de anotação genérico constitui de um determinado recurso que é descrito por uma anotação fornecida por um usuário (humano ou máquina). No contexto da Web, um recurso é qualquer artefato identificável por um identificador único (por exemplo, um URI - *Uniform Resource Identifier*), como documentos eletrônicos expressados em mídias diversas.

2.1 MODELO DE ANOTAÇÃO POR MEIO DE TAGS

Um elemento de anotação baseado em *tag* caracteriza-se por uma palavra-chave não hierárquica ou termo-livre associado a um recurso. Esse modelo geralmente descreve em linguagem natural uma propriedade particular de um recurso, como, por exemplo, o nome da pessoa retratada na pintura; o nome do lugar onde a pintura foi concebida; um tópico de um novo artigo.

Como vantagens, o modelo não requer uma curva de aprendizagem para uso. Os usuários, principalmente os da Web 2.0, podem facilmente anotar um recurso Web e encontrar (através de consulta ou busca) outros recursos que foram anotados com a mesma *tag*. As desvantagens estariam relacionadas a um modelo de representação mínima do ponto de vista de complexidade estrutural. E ainda podem promover ambiguidades para máquinas e usuários humanos na

interpretação das propriedades anotadas. Por exemplo: a *tag* em linguagem natural “John” vinculada a uma foto, não especifica se “John” é uma pessoa na foto ou se ele é o fotógrafo que bateu a foto.

Algumas aplicações que fazem uso de modelos baseados em *tags* são citadas: o *Delicious*¹ (serviço social de compartilhamento de blogs, artigos, músicas, vídeos, etc); o *Flickr*² (serviço de hospedagem de imagens); e o *CiteUlike*³ (serviço social para compartilhar referências científicas).

2.2 MODELO DE ANOTAÇÃO POR MEIO DE ATRIBUTOS

Considera-se um elemento de anotação baseado em “atributo” como um par <AN, AV>, em que AN é o nome do atributo e AV é o seu valor. O nome do atributo especifica a propriedade do recurso anotado como, por exemplo, um livro que poderia ser anotado com os seguintes atributos: título, editora e ano de edição. O valor do atributo especifica o conteúdo correspondente, respectivamente “Web Semântica: a Internet do Futuro”, “Livros técnicos e científicos” e “2005”. O modelo ainda possibilita consistir tipos de dados para atributos e habilitar verificações de tipos no momento da consulta.

Como vantagens, o modelo é bem familiar para usuários e comumente usado na Web e em aplicações de *desktops*. Diferentemente das *tags*, atributos definem explicitamente as propriedades dos recursos descritos e, portanto, possibilitam um enriquecimento na anotação do recurso e na linguagem de consulta. Alguém pode buscar, por exemplo, por imagens de livros sobre Web Semântica publicados entre 2000 e 2013 por um autor específico. Como desvantagens, o modelo mesmo superando a *tag* no que diz respeito a enriquecimento da anotação, ainda é limitado na semântica de suas anotações. A referência deste modelo se dá para recursos simples e, portanto, não pode ser usado para inter-relacionamentos entre recursos (busca e navegação entre recursos relacionados). Além disso, anotações por meio de atributos requerem um maior entendimento (por parte do usuário) acerca do significado dos dados envolvidos do que em anotações por meio de *tags*. Grande parte das redes sociais como *Facebook* e *Picasa* consideram os usuários como um recurso e usam o modelo de atributos para representar seus perfis.

¹ <https://del.icio.us/about>

² <http://www.flickr.com/>

³ <http://www.citeulike.org/>

2.3 MODELO DE ANOTAÇÃO POR MEIO DE RELAÇÕES

Um elemento de anotação “relação” é um par <REL, REC> em que REL é o nome da relação e REC é outro recurso (diferente do recurso que está sendo anotado). O nome da relação define como o recurso anotado está relacionado com REC. Desse modo, o modelo de anotação de relação é uma extensão do modelo de atributos, permitindo o usuário interligar recursos. Em um artigo científico, por exemplo, uma citação faz referência a outro artigo, definindo uma relação entre documentos citantes e documentos citados.

O modelo de anotação por meio de relações possui vantagens em fornecer um modo de interligar vários recursos através de *links* (relações). Permite o usuário navegar de um recurso para outro, habilitando busca e navegação baseados nesses *links* de relações. Os sistemas hipertextos e hipermídias utilizam o modelo de relações para navegação entre textos e mídias; a teoria dos mapas conceituais utiliza fundamentos do modelo de relações para definir relacionamentos entre conceitos a partir de esquemas mentais produzidos pelo indivíduo, processo esse auxiliado pelos fatores da cognição; e algumas linguagens para descrição de recursos na Web como *Resource Description Framework* (RDF) utilizam o modelo de relações (cuja fundamentação provém das redes semânticas) para descrever recursos e objetos como nós e predicados como arcos que ligam os nós. Como desvantagem, o usuário pode criar uma expectativa de ser conduzido por modelos mentais de alto nível, o que não ocorre devido à necessidade de conhecimento explícito sobre os dois recursos e os tipos de relacionamentos existentes entre eles. Tal limitação é coberta pela proposta de modelos de anotação baseados em ontologias que será elucidada na próxima seção.

Aplicações como o *Facebook* permite a seus usuários anotarem fotos com *links* a perfis de pessoas nelas representadas. A base de conhecimento *Wikidata*⁴ é descrita como uma base de dados aberta e compartilhada de conhecimento sobre o mundo. É uma base editada de forma colaborativa através de relações cruzadas entre os dados, os quais podem ser usados em projetos como o *Wikipedia*⁵.

⁴ <http://www.wikidata.org>

⁵ <http://www.wikipedia.org>

2.4 MODELO DE ANOTAÇÃO POR MEIO DE ONTOLOGIAS

Pode-se perceber nos modelos descritos anteriormente que os elementos de anotação são fornecidos por usuários em um formato livre, isto é, usando-se de linguagem natural, sem um controle de vocabulário. Neste caso, as anotações ficam sujeitas a problemas de heterogeneidade semântica devido à natureza ambígua da linguagem natural.

Bürger *et al.* (2009) insere três principais questões relacionadas ao processo de anotação: i) polissemia: os elementos de anotação podem ter interpretação ambígua, por exemplo, o termo “Java” pode ser usado para descrever um recurso sobre a “ilha de Java” ou um recurso sobre a “linguagem de programação Java”; essa situação pode reduzir a precisão na busca em um sistema de recuperação da informação; ii) sinonímia: os elementos de anotação podem ser sintaticamente diferentes, mas com o mesmo significado, por exemplo, os nomes de atributos “é imagem de” e “é pintura de” podem ser usados alternativamente por usuários e, portanto, deveriam ser ligados como atributos sinônimos; e iii) *gap* na especificidade: os termos usados na anotação e na busca são diferentes em suas especificidades, por exemplo, quando o usuário executa a busca com o termo “queijo”, os recursos anotados com o termo “cheddar” (um tipo de queijo), caso não sejam vinculados, não serão encontrados no sistema.

Os problemas supracitados geralmente são endereçados usando-se de instrumentos como vocabulários controlados (ANSI, 2005) para identificar de forma unívoca e não ambíguos recursos ou documentos envolvidos em sistemas de recuperação de informação. Desse modo, no processo de anotação, o usuário utiliza elementos do vocabulário controlado (ex. termos, conceitos) como forma de desambiguar termos destinados à descrição do recurso; já no processo de busca, o usuário produz uma consulta buscando desambiguar os termos envolvidos a partir de elementos do vocabulário controlado e, em seguida, submete esta consulta a uma máquina de busca.

Ontologias como suporte a anotações podem ser usadas como vocabulários controlados, no entanto numa perspectiva de tratamento semântico, o que permite um usuário descrever e interligar recursos existentes por meio de qualificadores como conceitos, instâncias, propriedades e restrições mantidas entre tais recursos. O modelo é endereçado à anotação semântica de documentos, o que os tornam inteligentes no sentido de possibilitar conhecimento sobre o conteúdo, viabilizando processamento pela máquina (UREN *et al.*, 2005). Tradicionalmente, o uso de metadados é a forma comumente empregada para gerar conhecimento sobre documentos, entretanto a Web Semântica

propõe anotar conteúdo de documentos usando ontologias de domínio (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001). Para tal, padrões internacionais relacionados a marcações de dados, a primitivas de modelagem e a linguagens de representação são promovidos e mantidos pelo *World Wide Web Consortium (W3C)* para desenvolvimento de ontologias como *Ontology Web Language (OWL)*, além do esquema de anotação RDF. Shadbolt, Hall e Berners-Lee (2006) acrescentam que anotação semântica é uma abordagem subjacente aos conceitos preconizados pela Web Semântica no que tange ao fornecimento de significado à organização da informação por meio de conexões lógicas entre os termos, o que promove interoperabilidade entre sistemas. Segundo Uren *et al.* (2005), anotação semântica identifica formalmente conceitos e relações entre conceitos em documentos, e vão além de anotações textuais sobre o conteúdo. E complementam afirmando que anotação semântica deve ser explícita, formal e livre de ambiguidade sendo, respectivamente, acessível, entendida e identificável publicamente.

As ontologias podem ser usadas tanto para anotar recursos, quanto para auxiliar o processo de anotação. No primeiro caso, usuários (ou grupos de especialistas) constroem ontologias para fornecer seus componentes (ex. classes, instâncias, relações) como elementos de anotação. Por exemplo, para vincular uma página sobre “Napoleão” a uma página sobre “Pessoas” com a relação ontológica *is-instance-of* (é-instancia-de), o usuário anota a página sobre Napoleão com um elemento de anotação da ontologia; esses elementos, que possivelmente foram disponibilizados por diferentes usuários, são em seguida agregados a uma ontologia maior que pode ser vista como uma estrutura de anotação complexa usada para descrever os recursos anotados (BÜRGER *et al.*, 2009). Tal cenário faz menção ao paradigma *Linked Data* (BIZER; HEATH; BERNERS-LEE, 2009), uma proposta emergente do W3C para expor e compartilhar dados como recursos na Web e interligá-los semanticamente por meio de ontologias construídas e disponibilizadas por comunidades diversas. No segundo caso, usuários fornecem elementos de anotação (de forma simples e transparente) e promovem ligações dessas anotações a fontes de conhecimento subjacentes a ontologias. Por exemplo, para evitar ambiguidade sobre a palavra “Paris” oriunda de um texto, uma anotação semântica poderia relacioná-la a um elemento da ontologia que a identificasse na categoria “Cidade” bem como associá-la à instância “França” pertencente à categoria “País”. Desse modo “Paris” não poderia ser referenciada de outra forma a não ser como uma cidade francesa.

Algumas vantagens podem ser destacadas no modelo de anotação por meio de ontologias, a saber: i) por ser um modelo conceitual formal, permite relações explícitas e significativas entre dado estruturado (tal como uma ontologia) e não estruturado (um texto, por exemplo). Isso possibilita uma variedade de técnicas de recuperação, que podem ser baseadas em esquema de conhecimento expresso em uma ontologia; ii) beneficia raciocínio automatizado, coocorrência de anotação ou entidades no mesmo recurso ou contexto; e iii) combina tudo isso com tipos específicos de dados não estruturados, como busca em texto completo em um sistema de recuperação da informação. Desvantagens também são desdobradas nesse modelo o qual apresenta novos desafios para anotadores humanos, embora proporcione uma riqueza no processamento automático relacionado às anotações. Duas vertentes estão entre os principais desafios para esse modelo de anotação: (i) usabilidade; e (ii) manutenção dos modelos conceituais. Em (i) o aspecto de usabilidade é a chave para o envolvimento humano na geração de metadados semânticos e a principal barreira a ser enfrentada para permitir formas harmônicas de interação do usuário com o *software* e os dados. Um desafio para especialistas em usabilidade e projetistas de interface visual é capacitar um ser humano a encontrar um caminho para uma classe, entidade ou relacionamento que ele queira usar como anotação. Outra tarefa desafiadora é a (ii) manutenção das ontologias, que envolve a atualização do conhecimento proveniente de fontes externas, além de alinhamento sintático e semântico oriundo de aproveitamento de ontologias existentes (contexto de reuso).

Como exemplo de aplicações citam-se a *OntoWiki*⁶, uma *wiki* semântica de acesso livre e de código aberto que serve como um editor de ontologias e sistema de aquisição de conhecimento; e o sistema *Semantic Wikipedia* (KRÖTZSCH *et al.*, 2006), uma extensão da enciclopédia livre *Wikipedia* cuja proposta é reforçar a semântica de seu conteúdo. Neste sistema, os usuários podem interligar artigos através de suas anotações com *links* como “autor” ou “nasceu em”, permitindo consultas e buscas de modos mais específicos.

Finalmente, comunidades e entidades normativas interessadas em fornecer um *framework* comum de metadados para aplicações de mídias inteligentes, como são os casos do W3C e da *International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission* (ISO/IEC), buscam soluções inteligentes para descrição de conteúdo multimídia processável por máquina e baseada em semântica. Tais propostas tornam-se realizáveis por meio da Web Semântica

⁶ <http://aksw.org/Projects/OntoWiki.html>

e da Interface de Descrição de Conteúdo Multimídia, conhecida como MPEG-7. Contudo, observam-se diferenças pontuais nas propostas dos *frameworks* envolvidos no que diz respeito à descrição de conteúdo multimídia. A norma ISO MPEG-7 (NACK; LINDSAY, 1999a; NACK; LINDSAY, 1999b; MARTÍNEZ; KOENEN; PEREIRA, 2002) empreendeu esforços na proposição de uma interface comum para descrever material multimídia, refletindo informação sobre o conteúdo. O MPEG-7 apesar de ser um padrão de descrição recomendado pela comunidade multimídia, principalmente por seu *background* de conhecimento neste domínio, possui limitações de ordem semântica por ser baseado no formato XML *Schema*. Por outro lado, O W3C e comunidades afins vêm empregando esforços de pesquisas para ir além dos padrões de metadados correntes com a adoção de ontologias para anotação multimídia (SILVA; SOUZA, 2014) baseadas em RDF/OWL e no padrão MPEG-7.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A classificação da pesquisa torna-se útil para o estabelecimento de seu marco teórico e da análise de seus fatos do ponto de vista empírico, de forma a confrontar a visão teórica com os dados da realidade. Com base na abordagem do *problema*, esta pesquisa pode ser classificada como **qualitativa**, pois há a necessidade de se entender o que está por detrás do fenômeno investigado do qual ainda pouco se conhece. Sendo assim, a determinação, a análise e a descrição dos métodos e das técnicas adequadas aos processos envolvidos na pesquisa serão possíveis através de um maior entendimento desse fenômeno presente no domínio a ser estudado. Com base em seus *objetivos*, esta pesquisa pode ser classificada em três tipologias, a saber: i) **exploratória**, pois pretende investigar e aprimorar ideias sobre um assunto emergente no campo das ontologias – recursos de conhecimento para anotação de conteúdo multimídia – em que se requer uma investigação minuciosa na literatura e em casos específicos que fazem uso de recursos nessa perspectiva; ii) **descritiva**, pois pretende levantar e descrever características do fenômeno a ser investigado (conforme já elucidado acima) à luz da literatura e de material empírico específico; e iii) **explicativa**, pois a proposta de modelagem conceitual requer a elucidação de parte da realidade multimídia representada na conceituação do modelo. Em relação aos *procedimentos técnicos para coleta e análise dos dados*, esta pesquisa pode ser classificada como **bibliográfica** e **documental**, pois pretende usar como fonte de consulta materiais já publicados: artigos científicos, anais de

congressos, relatórios técnicos de pesquisa, teses, dissertações, normas e fontes documentais subjacentes às ontologias estudadas. Para tal, brevemente abaixo serão descritas as orientações metodológicas e as regras de modelagem subjacentes a padrões multimídia que foram seguidas para se concretizar a proposta do modelo de anotação. Ressalta-se que por limite de extensão do presente artigo, detalhes importantes ao processo de construção do modelo foram omitidos, entretanto, poder-se-á consultá-los na íntegra em Silva (2014, p. 145).

A proposta em si está fundamentada em recursos de conhecimento representativos selecionados por meio de um *ranking* de ontologias candidatas a reuso para o domínio de anotação multimídia. O *ranking* foi obtido pela adoção do guia *NeOn Methodology* (SUÁREZ-FIGUEROA; GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012), considerado atual e confiável em relação a testes e validações em variados domínios, inclusive o de anotação multimídia.

O modelo conceitual de anotação multimídia foi concebido a partir de princípios interdisciplinares quando empregou em sua estrutura central uma ontologia conceitualista baseada em aspectos cognitivos, filosóficos e linguísticos, a *DOLCE+DnS Ultralite* (DUL⁷) (MASOLO *et al.*, 2003), a qual fornece metacategorias abstratas envolvendo eventos, objetos, tempo, espaço, etc, para organizar semanticamente conteúdos advindos de ontologias de domínios específicos. Agregado a essa rica estrutura conceitual, encontram-se também os padrões de projeto de conteúdo de ontologias (GANGEMI, 2005; GANGEMI; PRESUTTI, 2009) que empregam soluções reusáveis para problemas de modelagem de conteúdo recorrente. No caso específico do modelo proposto, utilizaram-se padrões de projeto para a organização genérica de entidades associadas a conteúdo multimídia, como é o caso de anotação. Tais padrões possuem problemas e soluções comuns que podem ser usados em variadas áreas e domínios que lidam com recursos multimídia. Assim, os padrões de projeto herdaram de sua ontologia fundamental os axiomas e serviços de inferência necessários à manutenção da semântica dos elementos constituintes.

A comparação de nove propostas de ontologias para anotação multimídia frente a padrões de metadados ISO como o MPEG-7 evidenciou características relevantes que podem e devem ser descritas para melhor recuperação de recursos multimídia, principalmente no contexto da Web. A necessidade de integração semântica e disponibilização global de recursos multimídia na rede é

⁷ http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Ontology:DOLCE%2BDnS_Ultralite

um propósito comum entre as propostas de ontologias pesquisadas. O *ranking* de ontologias candidatas a reuso, produto da análise comparativa, evidenciou as ontologias mais proeminentes para o domínio de anotação multimídia, a saber, e nesta ordem: Media Ontology, M3O, COMM e M3 Multimedia (SILVA, 2014, pp.265-274). A partir das constatações das características multimídia concernentes a cada uma delas, pôde-se selecionar os recursos de conhecimento provenientes de suas estruturas a partir do confronto com requisitos funcionais e não funcionais determinados na pesquisa que permitiram a proposição de um modelo conceitual para anotação de documentos multimídia.

Os padrões multimídia usados na composição do modelo aqui proposto são fundamentados em três padrões de projeto referenciados pela DUL, a saber: *Description and Situation*, *Information and Realization* e *Data Value*. Nesse sentido, os padrões da ontologia M3O (ontologia selecionada como recurso de conhecimento central do modelo proposto) apóiam-se nas teorias fundamentais da DUL e nas abordagens baseadas em padrões para projeto de ontologias que representam aspectos específicos e claramente identificados para o domínio de anotação.

O padrão *Description and Situation* fornece uma formalização ontológica de contexto através da introdução de papéis (MASOLO *et al.*, 2003). A semântica embutida nesse padrão de projeto declara que uma situação satisfaz (relação *satisfies*) uma descrição em que a situação é um contexto específico com entidades concretas que expressam determinado papel; e a descrição é uma conceituação que define certos conceitos que determinam (relação *classifies*) os papéis que as entidades desempenham num determinado contexto ou situação. Já as entidades são indivíduos considerados relevantes ou verdadeiros apenas num dado contexto. Cada entidade participa de uma determinada situação por meio da relação *'has setting'* como, por exemplo, um metadado relacionado a histograma de cor de uma imagem *'has setting'* numa situação de anotação da mídia.

O padrão *Information and Realization* (PRESUTTI; GANGEMI, 2008) representa a distinção entre objetos de informação e realizações de informação em tipos diferentes de mídias como áudio, imagem, texto e vídeo. A classe relacionada ao objeto de informação (*Information object*) declara que um objeto é realizado no mínimo por uma realização de informação (*Information realization*) e a forma de ligação entre o objeto e sua realização é por meio da

relação *'is realized by'*. Ambos os conceitos são subclasses de *InformationEntity* que permite tratar a informação em um sentido geral. Objetos de informação podem ser poemas, canções, romances, fórmulas e suas realizações físicas como livros impressos, faixas de músicas registradas, arquivos físicos, etc. A separação entre objetos e suas realizações é importante, pois alguns metadados independentes de conteúdo como tamanho do arquivo ou localização da mídia na Web são comumente aplicados à realização da informação; já os metadados descritivos de conteúdo multimídia buscam descrever a mensagem a ser transmitida para o consumidor. Portanto, esta separação torna-se relevante no sentido de fornecer uma distinção clara entre a semântica e o recurso de mídia.

O padrão *Data Value* representa valores de dados concretos para uma entidade de modo a reduzir o risco de ambiguidades (SAATHOFF; SCHERP, 2010). Em DUL existem os conceitos de *Quality* e *Region* (MASOLO *et al.*, 2003) os quais, respectivamente, representam atributos intrínsecos a uma entidade ligados a seus valores com espaços de dados correspondentes. No padrão, o atributo é representado pelo conceito *Quality* cuja ligação com uma *Entity* se dá pela relação *'hasQuality'*. O *Quality* é ligado ao conceito *Region* pela relação *'hasRegion'* que, por sua vez, recebe o valor concreto usando a relação *'hasRegionDataValue'*. As primitivas usadas no padrão *Data Value* mostram-se úteis para expressar valores de dados estruturados suportados pelo MPEG-7, especialmente para dados extraídos automaticamente da mídia, como cor, textura, forma, etc.

No padrão multimídia *anotação* (SAATHOFF; SCHERP, 2010), a estrutura básica subjacente à anotação é sempre a mesma. A semântica envolvendo o conceito “anotação” corresponde à associação arbitrária de um metadado a uma entidade de informação que pode ser um objeto de informação e uma realização de informação. Metadados podem ser representados por descritores visuais e de áudio de nível baixo obtidos por métodos automáticos; informações técnicas de autoria da mídia; e anotações semânticas retratadas na mídia para interpretação por pessoas humanas. As restrições impostas pelo padrão de anotação são descritas como se segue. A classe que representa a situação de anotação nomeada *AnnotationSituation* envolve exatamente uma entidade de informação (que será anotada) e no mínimo uma entidade com papel de metadado. Esta classe usa a relação *satisfies* para satisfazer a descrição correspondente ao padrão nomeado *AnnotationPattern*. Este padrão define (relação *defines*) conceitos que determinam

papéis às entidades envolvidas no contexto de anotação. O axioma define exatamente um *AnnotatedConcept* e ao menos um *AnnotationConcept*. Um *AnnotatedConcept* classifica (relação *classifies*) cada *InformationEntity*, que é o sujeito da anotação. Cada item de metadado é representado por uma *Entity* a qual é classificada por um *AnnotationConcept*. Como exemplo, um objeto imagem (*Information object*) que precisaria ser anotado por um conceito semântico advindo de uma ontologia de domínio (ex. Dbpedia) seria classificado por um *AnnotatedConcept*. A instância da ontologia de domínio que faz o papel de metadado semântico seria classificada em *AnnotationConcept*. A ligação entre o objeto imagem e a instância da ontologia Dbpedia é estabelecida pela relação ‘*has setting*’ em que, por regra do padrão, todas as *Entity* têm um ‘*has setting*’ com a situação de anotação que satisfaz o *AnnotationPattern*.

Finalmente, a linguagem de modelagem adotada para fins de representação dos diagramas de classes do modelo conceitual de anotação multimídia foi a *Unified Modeling Language* (UML) por possuir uma notação gráfica simples e de ser capaz de modelar aspectos estruturais de um sistema (BOOCH; JACOBSON; RUMBAUGH, 2006). O *software* usado na concepção dos diagramas de classes do modelo foi o StarUML⁸ versão 5.0.2.1570.

4 RESULTADOS: APRESENTAÇÃO DO MODELO ONTOLÓGICO PARA ANOTAÇÃO MULTIMÍDIA

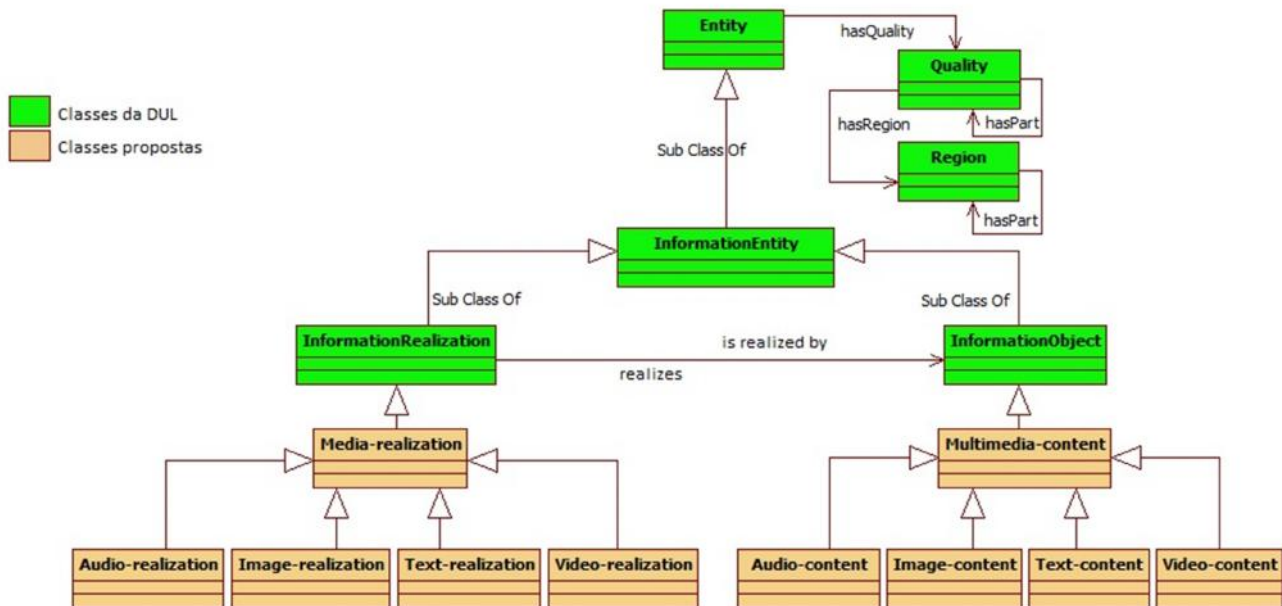
A proposta do modelo conceitual para anotação multimídia buscou cobrir especialmente os aspectos funcionais estabelecidos na pesquisa envolvendo metadados de tipo multimídia para a representação de documentos dessa natureza. Desse modo, as classes e os relacionamentos ontológicos propostos no modelo, oriundos da combinação de alinhamentos de ontologias de domínio previamente analisadas e avaliadas, promoveram uma arquitetura abrangente para a organização semântica de metadados multimídia endereçados principalmente a aplicações que lidam com recursos de informação na Web.

Os diagramas a seguir apresentam a proposta do modelo conceitual destinado à organização de metadados multimídia. Para fins de melhor visualização e entendimento, o modelo foi segmentado em duas partes associadas aos padrões de projeto subjacentes à

⁸ <http://staruml.sourceforge.net/en/>

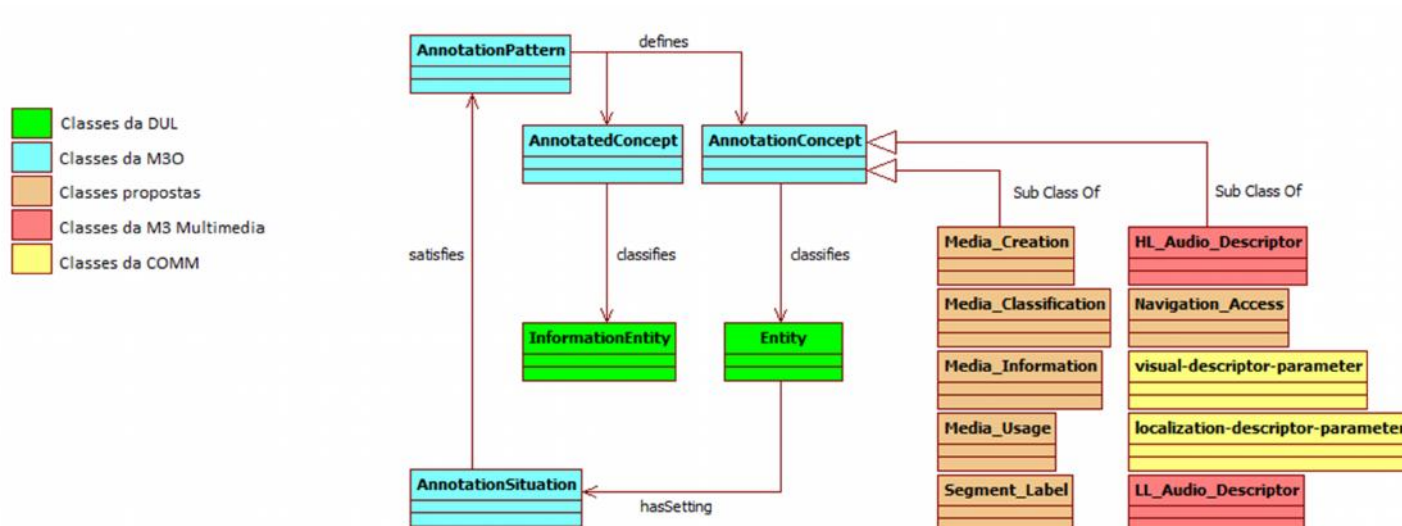
conceituação proposta. Os diagramas apresentam classes de âmbito mais genérico e não expõem, portanto, classes específicas por razões de simplificação na forma de visualização dos mesmos.

Figura 1 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades centrais.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 2 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades de anotação.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O diagrama exibido na Figura 1 apresenta as classes de entidades centrais do modelo de referência, as quais fornecem as condições necessárias para se anotar conteúdo multimídia e a própria mídia. Destaca-se nesse diagrama o padrão *Data Value* da ontologia de fundamentação DUL, incluindo os relacionamentos entre um *Quality*, um *Region* e uma *Entity* a fim de se obter valores concretos para esta última. O diagrama exibido na Figura 2 apresenta as classes⁹ de entidades que participam de uma situação de anotação, incluindo o sujeito desta (*InformationEntity*) e as classes de tipos de metadados especializadas de *AnnotationConcept* que desempenham o papel de anotação.

As ontologias que apresentaram modelagens centradas em relações e atributos, especialmente a Media Ontology, tiveram suas propriedades agrupadas em classes conceituais, resultando nas classes *Media_Creation*, *Media_Classification*, *Media_Information* e *Media_Usage* que se destinam respectivamente à criação e produção da mídia, classificação da mídia, informação sobre a mídia e informação sobre o uso da mídia. Tais classes se propõem a organizar formalmente os metadados relacionados à gestão de recursos informacionais, os quais podem ser aplicados na realização da mídia e no conteúdo desta, promovendo, assim, a organização de descrições de alto

⁹ Salienta-se que a nomenclatura das classes foi mantida conforme a sua origem ontológica. As classes propostas foram nomeadas seguindo convenções subjacentes a casos de uso pesquisados.

nível para variados domínios que necessitam desta distinção semântica para representação e recuperação de recursos de informação.

As classes *visual-descriptor-parameter*, *localization-descriptor-parameter* e *LL_Audio_Descriptor* se propõem a organizar formalmente, e em sequência, metadados de nível baixo para aspectos visuais, de localização de regiões espaciais, temporais e espaço temporais no conteúdo da mídia, e auditivos, salientando que para esta última classe necessita-se de uma exploração em ontologias que cobrem metadados primitivos para áudio, como é o caso da ontologia MPEG-7 Rhizomik (GARCÍA; CELMA, 2005), visto que apenas uma taxonomia sem tratamento formal para os descritores subjacentes foi reusada da M3 Multimedia para o modelo de anotação.

As classes *Segment_Label*, *Navigation_Access* e *HL_Audio_Descriptor* se propõem a organizar formalmente, e em sequência, metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia (incluindo aspectos de anotação de conteúdo semântico), navegação e acesso por meio de sumários de conteúdo de mídia e características de áudio de nível alto, incluindo descritor para tratamento de conteúdo falado.

Os requisitos não funcionais propostos para o modelo de referência se cumpriram na medida em que se praticou reuso de ontologias bem colocadas em um *ranking* obtido a partir de um estudo minucioso sobre nove ontologias multimídia. Desse estudo, foi possível estabelecer uma avaliação criteriosa em quatro dimensões concernentes a reuso, o que assegurou a seleção dos recursos de conhecimento para a integração na proposta de conceituação do modelo. Scherp, Eibing e Saathoff (2012) compartilham desse princípio de estudo minucioso em ontologias candidatas a reuso quando afirmam que “[...] o primeiro passo do alinhamento é uma análise profunda da estrutura e nas propriedades e conceitos centrais do modelo. Enquanto esta recomendação pode parecer óbvia, tal tarefa é facilmente subestimada e problemas negligenciados no estágio inicial podem causar consumo de tempo ao longo do processo de integração”. O requisito de seleção e reuso de ontologias adequadas permitiu o cumprimento dos demais quando forneceu condições necessárias para representar uma estrutura taxonômica abrangente capaz de comportar conceitos genéricos advindos de padrões de projeto multimídia e de natureza específica advindos de ontologias como a COMM, a Media Ontology e a M3 Multimedia.

Problemas associados a aspectos de interoperabilidade semântica e sintática requeridos por aplicações multimídia na Web conseguem ser amenizados pela natureza formal da ontologia de

fundamentação DUL e seus padrões de projeto de conteúdo de ontologias. Tais estruturas asseguram que o significado intencionado da semântica capturada no modelo de referência possa ser compartilhado entre diferentes aplicações no escopo da Web Semântica, além de transmitir uma sintaxe acordada por esta comunidade pelo uso da linguagem OWL. E os padrões de projeto multimídia juntamente com as suas classes de tipos de metadados propostas prevêm uma clara separação de interesses em relação à mídia, a saber: semântica de conteúdo, conhecimento relacionado à gestão de recursos informacionais, estrutura e características de documentos multimídia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito do modelo conceitual de referência multimídia é representar uma conceituação consensual e compartilhada por uma determinada comunidade para organização e recuperação semântica de documentos desta natureza. O sentido de consensual e compartilhado é o que caracteriza o modelo como um objeto de referência subjacente a esforços de pesquisas voltados a modelos e tecnologias para processamento de metadados multimídia envolvendo comunidades da Web Semântica, biblioteca digital, representação do conhecimento e multimídia (MARTÍNEZ; KOENEN; PEREIRA, 2002; NACK; OSSENBRUGGEN; HARDMAN, 2005; SAATHOFF; SCHERP, 2010).

Como exemplos de cenários de consultas que poderiam ser instanciados com o uso do modelo de referência multimídia têm-se: i) especifique algumas notas em um teclado e obtenha uma lista de peças musicais semelhantes ao som desejado; ii) desenhe algumas linhas em uma tela e encontre um conjunto de imagens contendo gráficos, logos e ideogramas semelhantes; iii) descreva ações e obtenha uma lista de cenários contendo tais ações; iv) descreva os movimentos e as relações entre objetos multimídia e procure animações que preencham as relações temporais e espaciais descritos; v) indique cores e texturas para objetos multimídia e recupere exemplos de interesse para projetos específicos; e vi) use um trecho de voz de um cantor e obtenha uma lista de registros desse cantor, tais como vídeos, material fotográfico, etc.

O modelo de referência multimídia pode ser usado em sistemas de informação voltados a instituições de patrimônio cultural, como arquivos, bibliotecas, museus, centros de documentação e projetos de memória, cujos usuários consomem, interpretam, manipulam e geram conteúdos

multimídia nos acervos que, atualmente, se encontram em portais ou bases de dados *online*. Catalogadores é outra categoria de usuários que exerce um papel importante na associação de anotações em recursos multimídia, principalmente em espaços de conhecimento dinâmico que incluem os sistemas de bibliotecas digitais. Por fim, mas sem esgotar as possibilidades de uso, portais de notícias das mais variadas naturezas necessitam de métodos eficientes para organizar conteúdos multimídia e transmiti-los de maneira inteligente às pessoas usuárias.

Finalmente, realça-se que o modelo conceitual de referência multimídia é antes de tudo uma proposta de recomendações de princípios de modelagem conceitual envolvendo ontologias multimídia e que deve, portanto, ser testado e validado em campo para a obtenção de conclusões consistentes sobre a sua aplicabilidade. Acredita-se que somente testando a sua capacidade de organização semântica de recursos informacionais, é que se descobrirá a potencialidade no que diz respeito à cobertura efetiva de descrições para recursos de informação envolvidos em acervos multimídia.

Annotation Models for Document Representation: na ontological proposal for the multimedia annotation domain

ABSTRACT

The paper presents and discusses annotation models for the representation of documents in digital environments, such as tags, attributes and relations, highlighting the annotation model based on ontologies, focusing specifically with semantic document processing. It aims to present a proposal of ontological modeling for the semantic organization of metadata destined to the annotation of multimedia documents and to report its advantages in the use in digital environments. The model was methodologically proposed taking in account the multimedia ontologies better placed in a ranking obtained from a careful evaluation about the reuse of ontologies, which ensured the selection of adequate knowledge resources for the integration in the conceptualization of the model. The model sought to cover requirements determined in the research proposing fundamental ontological classes and relationships from the combination and alignment of multimedia ontologies previously analyzed and evaluated, promoting a comprehensive architecture for the semantic organization of multimedia metadata addressed to applications that deal with information resources on the Web.

Keywords: Annotation Models. Multimedia Annotation. Semantic Annotation. Ontologies.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, June. **Structures for organizing knowledge**: exploring taxonomies, ontologies, and other schema. New York: Neal-Schuman Publishers, 2010.
- ADJEROH, Donald A.; NWOSU, Kingsley C. Multimedia database management – requirements and Issues. **IEEE Multimedia**, [S.I.], v. 4, n. 3, p. 24-33, July/Sept. 1997
- ANSI/NISO Z39.19-2005 (R2010). **Guidelines for the construction, format, and management of monolingual controlled vocabularies**. Baltimore: NISO Press, 2005. 184 p.
- BARRETO, Juliano Serra. Desafios e avanços na recuperação automática da informação audiovisual. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 17-28, set./dez. 2007.
- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. **Scientific American**, [S.I.], v. 284, n. 5, p. 34-43, May 2001.
- BIZER, C.; HEATH, T.; BERNERS-LEE, T. Linked Data - the story so far. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, [S.I.], v. 5, n. 3, p. 1-22, 2009.
- BOOCH, G.; JACOBSON, I.; RUMBAUGH, J. **UML Guia do usuário**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.
- BÜRGER, T. et al. **INSEMTIVES**: deliverable 2.1.1, report on the state-of-the-art and requirements for annotation representation models. 2009. Disponível em: <<http://eprints.biblio.unitn.it/1808/1/007.pdf>>. Acesso em: 10 ago 2017.
- DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. **Handbook of semantic web technologies**. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2011.
- GANGEMI, Aldo. Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. In: INTERNATIONAL SEMANTIC WEB COFERENCE, 4th, 2005, Galway. **Proceedings...** Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2005, p. 262-276.
- GANGEMI, Aldo; PRESUTTI, Valentina. Ontology design patterns. In: STAAB, S.; STUDER, R. (Ed.). **Handbook on ontologies**. 2nd ed. Berlin: Springer - Verlag. 2009. p. 221-243.
- GARCÍA, R.; CELMA, O. semantic integration and retrieval of multimedia metadata. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON KNOWLEDGE MARKUP AND SEMANTIC ANNOTATION, 5th, 2005, Galway. **Proceedings...** Galway, 2005, p. 69–80.
- KRÖTZSCH, Markus et al. **Semantic wikipedia**, 2006. Disponível em: <http://korrekt.org/papers/KroetzschVrandecicVoelkelHaller_SemanticMediaWiki_2007.pdf>. Acesso em: 10 ago 2017
- MASOLO, C. et al. **Ontology library**: wonder web deliverable D18. Trento, 2003. Disponível em: <<http://www.loa.istc.cnr.it/old/Papers/D18.pdf>>. Acesso em: 10 ago 2017.
- MARTÍNEZ, J.; KOENEN, R.; PEREIRA, F. MPEG-7: the generic multimedia content description standard - part 1. **IEEE Multimedia**, [S.I.], v. 9, n. 2, p. 78-87, Apr./June 2002.
- NACK, F.; LINDSAY, A. T. Everything you wanted to know about MPEG-7: part 1. **IEEE Multimedia**, [S.I.], v. 6, n. 3, p. 65-77, July/Sept. 1999a.

- NACK, F.; LINDSAY, A. T. Everything you wanted to know about MPEG-7: part 2. **IEEE Multimedia**, [S.I.], v. 6, n. 4, p. 64-73, Oct./Dec. 1999b.
- NACK, F.; OSSENBRUGGEN, J.V.; HARDMAN, L.H. That obscure object of desire: multimedia metadata on the web -part 2. **IEEE MultiMedia**, [S.I.], v. 12, n. 1, p. 54-63, 2005.
- NIXON, Lyndon et al. Multimedia, broadcasting, and eCulture. In: DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. **Handbook of semantic web technologies**. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2011. cap. 21, p.911-975
- PRESUTTI, Valentina; GANGEMI, Aldo. Content ontology design patterns as practical building blocks for web ontologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPTUAL MODELING, 27th, 2008, Barcelona. **Proceedings...** Heidelberg: Springer – Verlag Berlin, 2008, p. 128-141.
- SAATHOFF, C.; SCHERP, A. Unlocking the semantics of multimedia presentations in the web with the multimedia metadata ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WORLD WIDE WEB, 19th, 2010, Raleigh. **Proceedings...** New York: ACM, 2010. p. 831-840.
- SCHANDL, B. et al. Linked Data and multimedia: the state of affairs. **Multimedia Tools and Applications**, [S.I.], online first, p. 1-34, 2011.
- SCHERP, A.; EIBING, D.; SAATHOFF, C. A Method for integrating multimedia metadata standards and metadata formats with the multimedia metadata ontology. **International Journal on Semantic Computing**, [S.I.], v. 6, n. 1, p.25-49, Mar. 2012
- SHADBOLT, N.; HALL, W.; BERNERS-LEE, T. The semantic web revisited. **IEEE Intelligent Systems**, [S.I.], v. 21, n. 3, p. 96-101, May/June 2006.
- SILVA, Daniela Lucas da ; SOUZA, Renato Rocha . Representação de documentos multimídia: dos metadados às anotações semânticas. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, v. 7, p. 1-22, 2014.
- SILVA, Daniela Lucas. da. **Ontologias para representação de documentos multimídia: análise e modelagem**. 2014. 441 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- SIQUEIRA, Ivan C. P.; SILVA, José F. M. da. Metadados: o fio de Ariadne ou a coragem de Teseu? **Bibl. Univ.**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 11-18, jan./jun. 2011.
- SITARAM, D.; DAN, A. **Multimedia servers: applications, environments and design**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- SUÁREZ-FIGUEROA, M.C.; ATEMEZING, G.A.; CORCHO, O. The landscape of multimedia ontologies in the last decade. **Multimedia Tools and Applications**, [S.I.], v. 62, n. 2, p. 377-399, Jan. 2013.
- SUÁREZ-FIGUEROA, M. C.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. The NeOn methodology for ontology engineering. In: SUÁREZ-FIGUEROA, M. C. et al. (Ed.). **Ontology Engineering in a Networked World**. Berlin: Springer, 2012. p. 9-34.
- TAYLOR, A. G. **The organization of the information**. 2nd ed. Westport: Libraries Unlimited, 2004. 417 p.

THE OXFORD ENGLISH DICTIONARY. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. 1989.

UREN, V. et al. Semantic annotation for knowledge management: requirements and a survey of the state of the art. **Journal of Web Semantics**, [S.I.], v. 4, n. 1, p. 14-28, 2005.